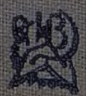
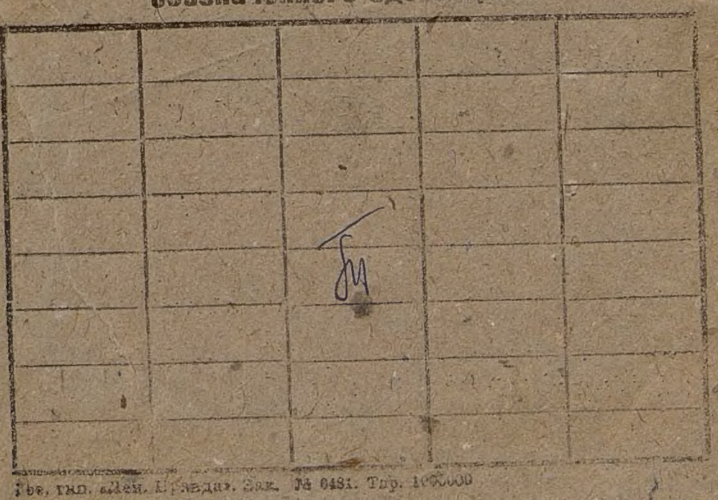
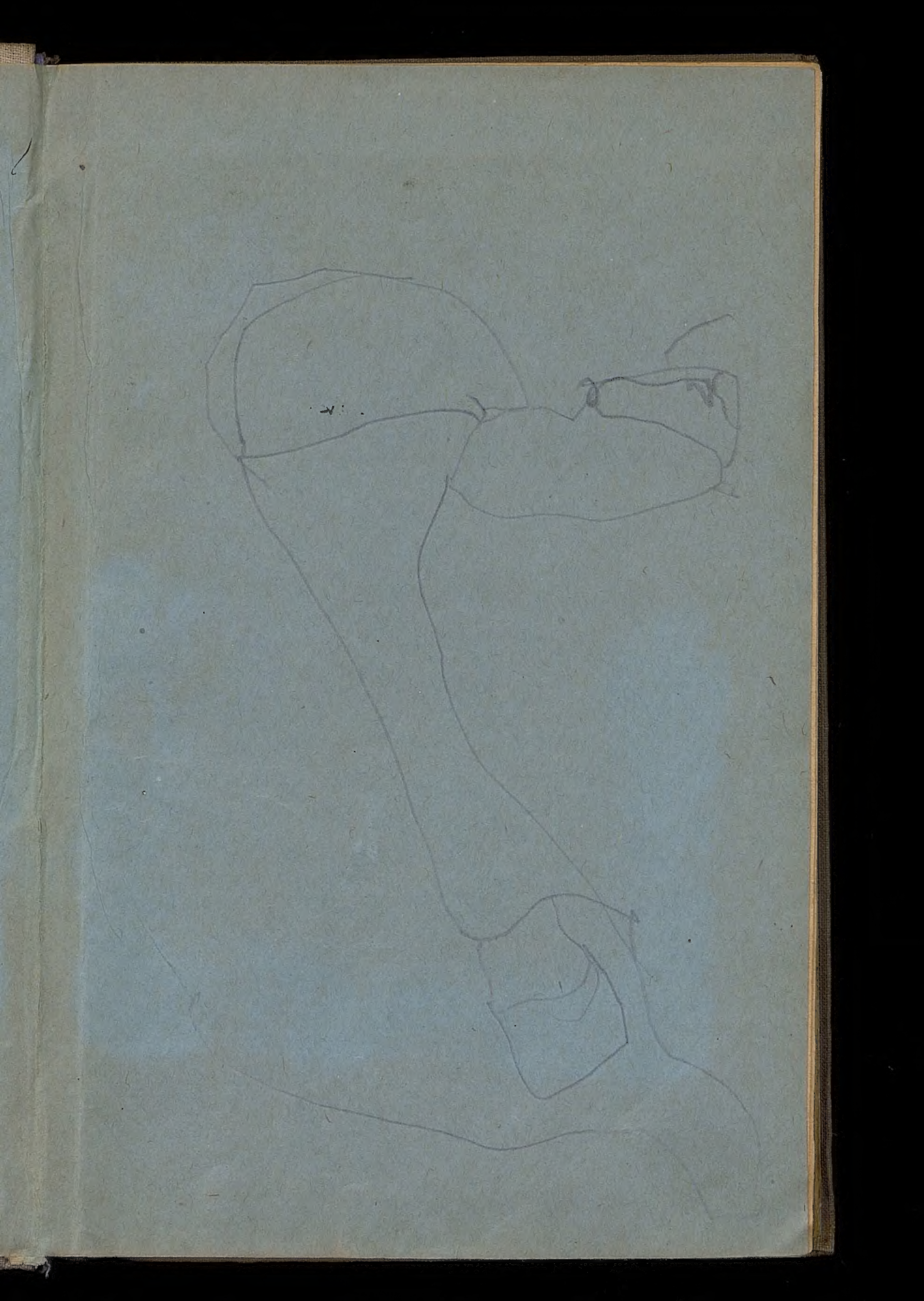
А. А. ИНОЗЕМЦЕВ, А. А. СОБОЛЕВ

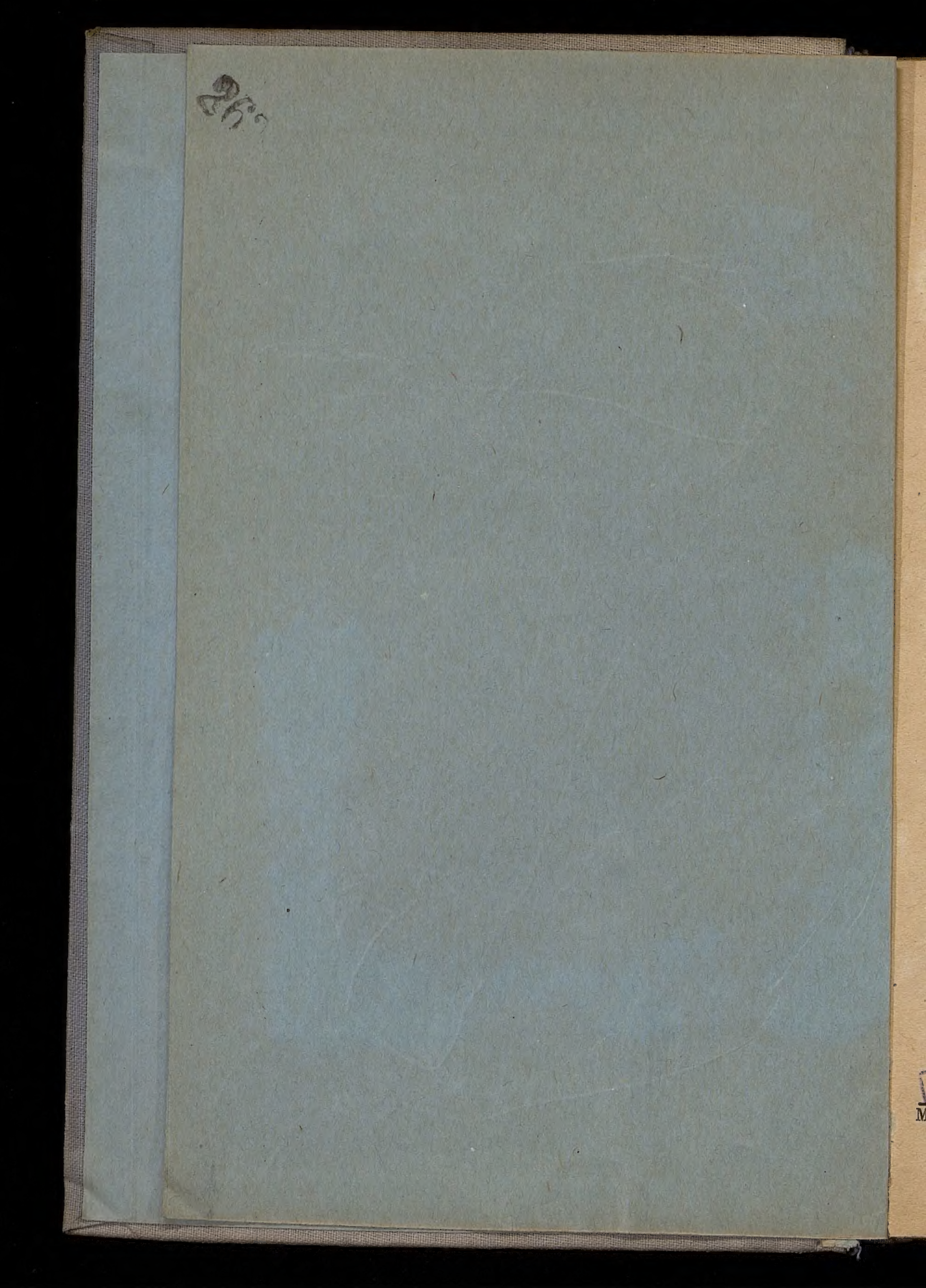
РУКОВОДСТВО
ПО
ТРАМВАЙНОМУ ХОЗЯЙСТВУ



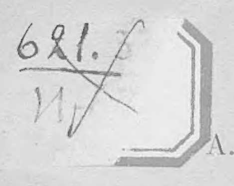
ГОСТРАНСТЕХИЗДАТ
1937







АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ КРАЕВОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА



А. ИНОЗЕМЦЕВ, А. А. СОБОЛЕВ

РУКОВОДСТВО
ПО
ТРАМВАЙНОМУ ХОЗЯЙСТВУ







ГОСТРАНСТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1937 ЛЕНИНГРАД

Книга «Руководство по трамвайному хозяйству» включает пути, подвижной состав, электроснабжение, парки и мастерские. В ней даны основы проектирования и эксплоатации трамвайных предприятий. Книга рассчитана на студентов трамвайных техникумов и средний технический персонал трамвайных предприятий.

Редактор **С. И. Травин.** Зав. корректорской **Е. Н. Зуева.** Техн. редактор **Е. Петровская**

Уполн. Главлита № Б-24166. Огиз № 3760 Т. 60. Заказ тип. 2184.

Тираж 2000. Бум. $60 \times 92^1/_{16}$. Печ. л. $19^1/_2$. Печ. знаков в 1 п. л. 48 000. У. а. л. 23.

Сдано в набор 14/V 1937 г. Подписано к печати 25/VII 1937 г.

Цена 4 р. 15 к. Переплет 1 р. 25 к.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста «Полиграфкнига». Москва, Валовая, 28.

ГЛАВА I

ПУТЬ

1. Трассировка линий. Расположение путей на улицах и площадях. Одиночные и двойные пути. Предельные подъемы и спуски

Одноколейный трамвайный путь занимает полосу шириной в 3,4 *м* (ширина вагона 2,6 + 2×400 — расстояние между кузовом вагона и кузовом экипажа); двухколейный путь занимает полосу при узком междупутьи 6,6 *м*, а при широком междупутьи 6,950 *м*. Если учесть ширину проезжей части с обеих сторон по 3,5 *м*, то наименьшая ширина проезда, где могут нормально проходить два пути трамвая, будет 13,950 *м*. При одноколейном пути эта ширина проезда может быть 6,950 *м*. В этом случае пути прокладываются по одну сторону улицы. Иногда пути прокладываются по двум параллельным улицам, причем по одной движение идет в одну сторону, а по другой — в другую. При расположении путей трамвая по одну сторону улицы, у тротуаров, затрудняется отвод дождевых и талых вод и затрудняет подъезды к домам.

Если посреди широкой улицы находится бульвар, то пути рационально проложить вдоль бульвара с обеих его сторон, с подвеской проводов на кронштейнах. Большей же частью пути располагаются в центре улицы. При интенсивном уличном движении такое расположение путей способствует увеличению несчастных случаев, а также служит причиной, тормозящей скорость движения вагонов. Кроме того, при расположении путей трамвая на замощенной улице необходимо приспосабливать устройство пути к типу применяемой верхней одежды улицы, что вызывает необходимость устройства более солидных оснований (шпально-щебеночных, шпально-бетонных), употребления специальных трамвайных высоких рельсов. Поэтому в последнее время стараются выделять пути из общей проезжей части улицы, обособляя их на протяжении квартала и приспособляя рельсы к верхней одежде улицы только на перекрестках. Для выделения путей трамвая на обособленное полотно требуется несколько увеличенная ширина улицы на оформление бортов.

Основные мотивы выделения трамвайных путей на обособленное полотно следующие:

1. Необходимость применять высокий тип рельсов (для приспособления к верхней одежде улицы) отпадает, и поэтому возможна экономия металла около 30 *т* на 1 *км* одиночного пути, считая (для высоких трамвайных рельсов и рельсов «Виньоль» типа II-А) — 80 *т* веса в 1 *км* одиночного пути.

2. Обособленное полотно не требует замощения. Экономия (особенно, если требовалось бы устраивать усовершенствованное покрытие) достигает до 150 000 руб. на 1 *км* двухколейного пути.

3. На перегоне между пересечениями улиц вагон может безопасно для уличного движения развивать большую скорость, которая является одним из основных факторов, влияющих на экономичность эксплоатации трамвая.

4. Облегчается осмотр и ремонт пути (открытолежащего и незамощенного камнями или закрытого другим видом верхней одежды улицы).

5. Благодаря отсутствию уличного движения по путям трамвая устраняются частые торможения на перегонах, вследствие чего сохраняются рельсы, бандажи, колодки и сокращается расход электроэнергии. Пути трамвая не загрязняются колесами проезжающих экипажей.

6. Устраняется разрушающее действие динамической нагрузки от вагонов трамвая на прилегающее к рельсам верхнее покрытие улицы — асфальтобетон, брусчатку и даже обычную каменную мостовую. Одновременно частично устраняется неудобство, создаваемое наличием желобков рельсов или контррельсов на кривых для гужевого движения по улице.

Грузовые автомобили, тягачи, тракторы и другие тяжелые машины вредят спецчастям трамвайных путей — стрелкам, крестовинам и пр.

7. Наконец особое полотно трамвая позволяет столбы для подвески проводов устанавливать в междупутьи, что сокращает количество столбов вдвое и дает экономию до 3000 руб. на 1 *км* пути.

Однако при открытом пути последний больше подвержен температурным влияниям и требует более тщательного отвода воды от путей.

Уложенный открытый путь огораживается бордюрным камнем, возвышающимся над поверхностью мостовой на 15—20 *см* и засыпается гравием или щебнем.

Для удобства пассажиров у места остановки устраиваются рефюжи — посадочные площадки, высота которых равна 200 *мм*, считая от головки рельсов до площадки рефюжа.

При расположении пути у тротуара наименьшее расстояние оси пути от тротуара должно быть 1,9 *м*. Из расчета: половина ширины кузова вагона $\frac{2,6}{2} = 1,3$ и минимального расстояния между кузовом вагона и бортом тротуара — 0,6 *м*.

Расстояние оси пути от столба должно быть не менее 1,9 *м*. При двухколейном пути расстояние между осями должно быть не менее 3,2 *м*, считая ширину вагона 2,6 *м* и расстояние между сторонами вагонов 0,6 *м*. При расположении столбов в междупутьи расстояние между осями путей должно быть не менее 3,55 *м*.

На рис. 1 и 2 представлены поперечные разрезы уличных проездов с расположением трамвайных путей.

При выборе направления трамвайной линии помимо прочих соображений необходимо считаться с предельными подъемами и спусками.

Если вес вагона в тоннах обозначим через Q, коэфициент сцепления колес с рельсами на 1 *кг* веса через φ и силу тяги моторов через F, то всегда должно иметь место соотношение:

$$1000\,\varphi\,Q = F.$$



Рис. 1. Трамвай на собственном полотне в центре магистрали.

В этом случае не будет буксовки вагона и вагон сможет подняться на подъем.

Так как развиваемая сила тяги моторов равна тому сопротивлению, которое нужно преодолеть поезду, то:

$$1000\,\varphi\,Q \geqslant [(Q + Q_1)(f + i)],$$

где:

f — сопротивление движению в килограммах на 1 *т* веса поезда,

i — подъем в тысячных,

Q_1 — вес прицепного вагона.

Откуда:

$$i_{max} = \frac{1000 \cdot Q \cdot \varphi}{Q + Q_1} - f.$$

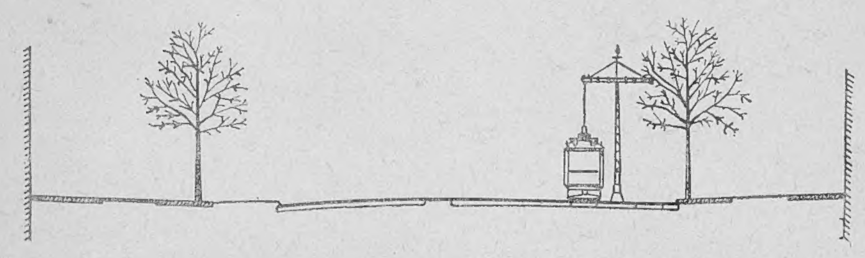


Рис. 2. Трамвай на собственном полотне сбоку магистрали.

Практически следует считать предельным подъемом для поезда, состоящего из одного моторного и одного прицепного вагона, $i_{max} = 0{,}080$, для одного моторного вагона $i_{max} = 0{,}110—0{,}120$.

Лучше же вообще избегать длинных подъемов и спусков более $i = 0{,}060—0{,}070$.

На закруглении вагон испытывает добавочное сопротивление, равное

$$i_1 = 400\,\frac{a}{r}\ кг,$$

где:

a — ширина колеи,

r — радиус закругления.

Поэтому, если кривая расположена на подъеме, то величина допустимого подъема должна быть уменьшена на величину i_1 и будет

$$i_2 = i_{max} - i_1.$$

Величина предельного подъема играет поэтому важную роль в выборе улицы для трамвайной линии.

При трассировке трамвайных линий стремятся выбрать такое их направление, которое могло бы привлечь наибольшее количество пассажиров. Этого можно осуществить в том случае, если сумма времени, затрачиваемого на то, чтобы дойти до места посадки, на ожидание вагона трамвая и на переезд в нем, должно быть меньше времени, затрачиваемого на переход пешком.

Время, затрачиваемое на то, чтобы дойти до места посадки, будет тем меньше (в среднем), чем гуще сеть трамвайных путей в данном городе. Однако слишком густая сеть при малонаселенном городе невыгодна для трамвая.

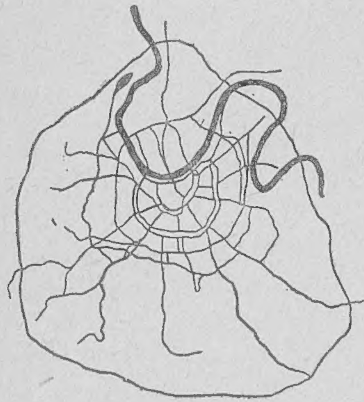


Рис. 3. Схема трамвайной сети Москвы.

В среднем экономически выгодное расстояние между отдельными линиями обычно колеблется в пределах от 300 до 800 *м* в зависимости от плотности населения города.

Время ожидания вагона будет тем меньше, чем чаще проходят вагоны, т. е. чем меньше интервалы между ними. Интервалы же зависят от скорости и числа вагонов на линии. Подсчеты показывают, что при скорости пешехода 5 *км* в час он выгадает во времени, если поедет в трамвае, только в том случае, если ему надо ехать более 1,5 *км* и если интервал между вагонами не более 5 мин. Если интервал между вагонами увеличить до 10 мин., то пассажир может выгадать во времени только в том случае (по сравнению с продвижением пешком), если ему надо ехать не менее 2,5 *км*. Малые интервалы между вагонами и регулярное движение без задержки с любым количеством вагонов допускают только двойные пути.

Поэтому следует указать, что в условиях более или менее интенсивного движения одиночных путей с разъездами следует избегать и строить таковые только в особых случаях и с тем, чтобы при первой возможности удвоить таковые. Очень короткие линии также не могут быть выгодны по приведенным выше соображениям, так как не могут привлечь пассажира вследствие того, что линии короче 2—$2^1/_2$ *км* строить вообще нет смысла.

Общая конфигурация трамвайной сети в городе зависит от планировки города, расположения важнейших его пригородов, магистральных дорог, мостов и пр. В основном типы сетей трамвая разделяются на кольцевую и прямоугольную.

При кольцевой системе всегда имеются еще радиальные линии, связывающие окраины с центром и между собой кратчайшим путем. Надо сказать, что кольцевые линии бывают наиболее целесообразны только в больших городах с очень большой площадью застройки, так как иначе для пассажира может оказаться более выгодным пройти пешком по хорде, нежели ехать по кольцу. Типичную кольцевую систему с радиальными линиями, пересекающими кольцевые, представляет трамвайная сеть Москвы (рис. 3). Пример прямоугольной системы представляет трамвайная сеть Ростова-на-Дону (рис. 4).

2. Ширина колеи

Трамваи СССР до настоящего времени имеют колею преимущественно двух размеров: узкую — шириной 1000 *мм* и нормальную — шириной 1524 *мм*.

Кроме того, два города, а именно Ростов-на-Дону и Киев имеют колею: Ростов-на-Дону — нормальную, принятую на европейских железных дорогах, — 1435 *мм* и Киев — 1529 *мм*.

В настоящее время вновь сооружаемые трамваи применяют нормальную колею — 1524 *мм* и ряд трамваев (Харьков, Тбилиси, Горький, Калинин, Краснодар и др.), имевших метровую колею, перешли или переходят на нормальную, перешивая весь путь на колею 1524 *мм*.

Несмотря на несколько меньшую стоимость сооружения узкой колеи, благодаря меньшему объему земляных работ, меньшей длине шпал и пр. и несмотря на то, что узкая колея позволяет применять более крутые (меньших радиусов) кривые, чем при нормальной колее, метровая колея больше не строится по двум важнейшим недостаткам, которые она имеет, а именно:

1) в колесную пару трамвайного вагона должен быть вписан достаточной мощности мотор и компрессор; однако даже мотор, достаточный по мощности для города с подъемами средней трудности, не вписывается с компрессором в колесную пару метровой колеи;

2) трамвайный вагон метровой колеи во время хода не имеет достаточной устойчивости в боковом направлении и наблюдаются сильные качания вагона;

3) метровая колея не позволяет пропускать по трамвайным путям железнодорожные товарные вагоны для целей лучшей организации грузоперевозок в городе.

3. Разъезды, переходы, узлы, конечные пункты, парковые веера

Разъезды устраиваются при прокладке одиночных линий. Расстояние между разъездами зависит от скорости движения и интервалов между поездами.

Если обозначить скорость движения через v *км/час* и интервал между вагонами через t минут, то расстояние между разъездами будет:

$$l = \frac{vt}{120} \text{ км}.$$



Рис. 4. План трамвайной линии Ростова на Дону

Длина разъезда при поезде, состоящем из двух вагонов стандартного типа, получается около 65 *м*. При одностороннем разъезде

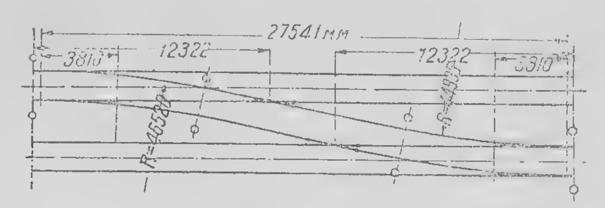


Рис. 5. Схема нормального перехода.

ставят стрелки с автоматически устанавливающимся в одном направлении пером, что является гарантией против возможных столкновений вагонов на разъезде при неправильно переведенной стрелке.

При укладке двухпутных линий устанавливают переходы с одного пути на другой в различных местах для возврата вагонов в случае каких-либо происшествий, отсутствия энергии в каком-либо участке сети и т. п. Поэтому расположение переходов может быть выбрано только в каждом данном случае по соображениям удобства и подсчетам. Схема нормального перехода представлена на рис. 5.



Рис. 6. Схема ответвлений двухпутного левого и двухпутного правого.

Сеть трамвая в любом городе имеет узловые соединения, как-то: ответвления, пересечения или комбинацию тех и других.

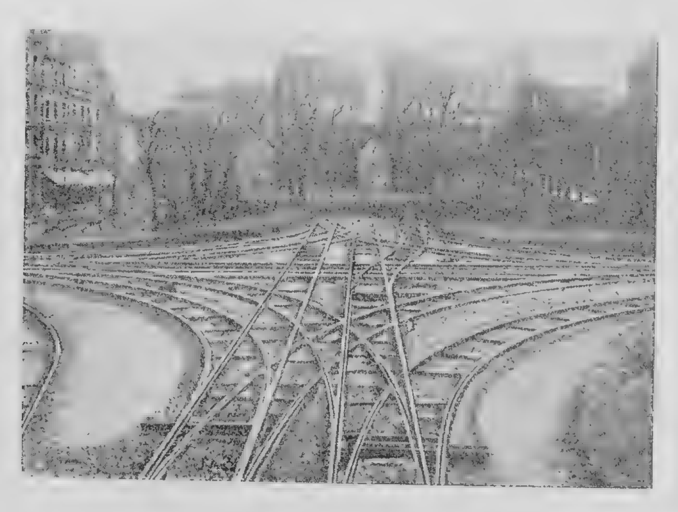


Рис. 7. Сложный узел.

Ответвление может быть правое (когда ответвление уходит вправо по ходу вагона), левое или симметричное (рис. 6). Правое ответвление требует применения правых стрелок, левое — левых и симметричное — право-левых стрелок.

Пересечения различаются по числу пересекающихся путей и их характеру (прямые или кривые) и могут быть: одиночного с одиночным, одиночного с двойным, двойного с двойным. Кроме того, пересекаться могут: прямой путь с прямым под разными углами; прямой путь с кривым под разными углами; кривой путь с кривым под разными углами.

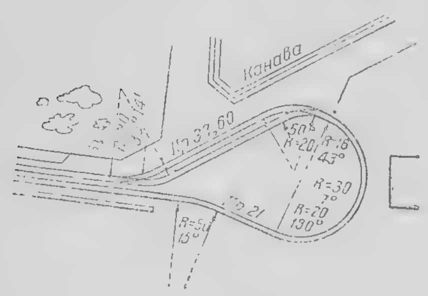


Рис. 8. Конечное кольцо для двухпутной линии.

Комбинации ответвлений и пересечений могут быть самые разнообразные. На рис. 7 показан сложный узел.

В конце однопутных и двухпутных линий делают специальные устройства для возврата вагонов. Одиночные линии оканчиваются либо простым тупиком, либо вилкой, либо разъездом, либо наконец кольцом. Простой тупик дает возможность возвратить одиночный вагон без прицепки. Вилка и разъезд позволяют вернуть поезд, состоящий из моторного и прицепного вагона, но с обязательной отцепкой прицепного вагона и маневрированием. Наконец кольцо не требует никаких перецепок и маневрирований.

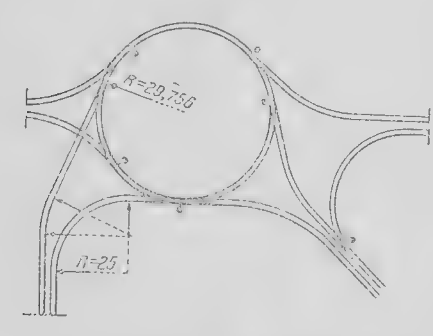


Рис. 9. Сливающееся кольцо при двухпутных линиях.

Двухпутные линии оканчиваются либо переходом, дающим возможность вернуть одиночный вагон без прицепа или поезд из двух вагонов с предварительными перецепками и маневрированием, либо треугольником или кольцом (рис. 8), дающими возможность возврата поезда без всяких перецепок. Такая трассировка конечных пунктов является наиболее часто встречающейся. Применяются и более сложные устройства конечных пунктов, когда одновременно в данном пункте кончаются несколько маршрутов, а другие маршруты проходят мимо. В этом случае устраивают сливающееся кольцо (рис. 9), по которому в одном направлении проходят несколько маршрутов и могут либо итти далее, либо возвратиться назад. Такие кольца делают также в местах возврата сокращенных маршрутов в определенные часы дня.

Парки для вагонов трамвая делают сквозными, и поэтому парковые улицы или в е е р а располагаются с обеих сторон парка —

въезд и выезд из парка. В зависимости от расположения парка и наличия свободного места ответвления парковых путей устанавливаются обыкновенно или под прямым углом к основному пути, ведущему в парк, или же уклон стрелочной улицы имеет небольшой угол, причем в этом случае для расположения паркового веера требуется значительно больше места. В то же время в последнем случае применимы стрелочные переводы простой конструкции, без сложных пересечений, со стрелками и крестовинами сборного типа. При заезде в парк под углом в 90° пересечения получаются более сложные (рис. 10) и требуют применения коротких литых стрелок и крестовин.

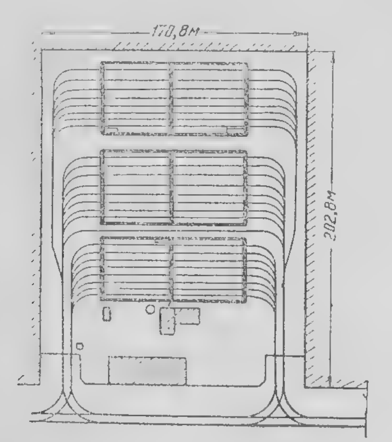
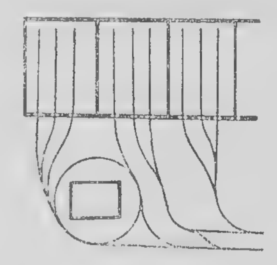


Рис. 10. Парковые пути.

На рис. 11 представлен парковый веер, могущий служить примером заезда не под прямым углом. Здесь каждый сарай имеет как бы свой собственный веер, связанный с маневровым кольцом, расположенным перед тремя сараями посредине. Это кольцо очень удобно при разного рода маневрах, перегонках вагонов из сарая в сарай, при расстановке вагонов после их захода в определенном порядке для утреннего выпуска на другой день и пр.


Рис. 11. Парковый веер.

4. Выбор типа основания путей. Верхний покров. Отвод вод от путей

Назначение основания — передача давления от рельсов на грунт. Основание трамвайных путей связано с типом верхнего покрытия дороги и потому оно должно соответствовать требованиям технически правильного и прочного устройства и надежной работы как рельсового пути, так и мостовой. Тип основания зависит также и от качества грунта. Основание должно быть тем прочнее, чем слабее грунт. Стоимость ремонта основания путей трамвая вследствие того, что эти основания закрыты мостовой и недоступны осмотру и постоянному уходу, значительно дороже, чем стоимость ремонта основания обычного железнодорожного открытого пути. Поэтому, несмотря на меньшую нагрузку, испытываемую основанием и рельсами и при трамвайном движении по сравнению с весом железнодо-

рожных составов, на путях трамвая применяют устойчивые прочные основания, тяжелый тип рельсов и устраивают надежный отвод вод от путей.

Типы основания в основном могут быть разделены на:

I. Основания без шпал, которые в свою очередь разделяются на:

1) бетонные,

2) щебеночные.

Бетонные и щебеночные основания также подразделяются на:

а) сплошные,

б) самостоятельные под каждую нитку пути.

II. Основания шпальные, которые делятся с одной стороны по роду шпал на:

1) шпалы деревянные,

2) шпалы из сортового железа,

3) шпалы стальные литые,

и с другой стороны по роду баласта, употребляемого на основания:

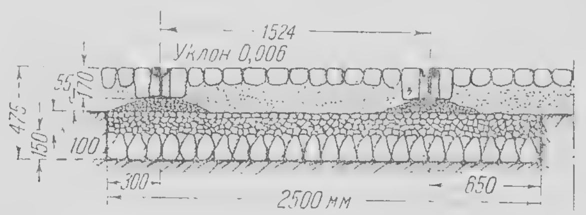


Рис. 12. Сплошное щебеночное основание.

а) с песчаным баластом,

б) с щебеночным баластом,

в) со сплошной бетонной плитой.

Кроме того, довольно часто применяется разновидность шпального основания — это шпально-брусковое основание, где добавочным элементом служат продольные деревянные бруски.

Бетонные основания устраиваются либо с непосредственной заделкой рельсов в бетон, либо между рельсами и бетонным основанием прокладывают продольные деревянные бруски и рельсы пришивают к этим брускам костылями. В этом случае рельсы в бетон не заделывают, а засыпают слоем песка.

Надо сказать, что в настоящее время в СССР почти не применяют бетонных оснований, тем более в городах со средней интенсивностью трамвайного движения, по той причине, что эти основания очень дороги, и с другой стороны — они создают жесткий ход вагона, быстро расстраиваются и требуют дорогого ремонта с закрытием движения вагонов на время ремонта.

Щебеночные сплошные основания (рис. 12) устраивают следующим образом.

Прокапывают сплошной котлован шириной в 5,7 ÷ 6 *м* и глубиной 300—600 *мм* (в зависимости от грунта) (рис. 14). Дно котлована утрамбовывается и на него укладывают или слой остроконечного

камня (пакеляж) или крупный щебень, сверху кладется более мелкий щебень — с посыпкой песком, поливкой водой и утрамбовкой. Рельсы для рихтовки их подбиваются мелким щебнем.

При устройстве щебеночного не сплошного основания выкапывают две канавки размером (рис. 13) 600 × 300 ÷ 400 *мм* под

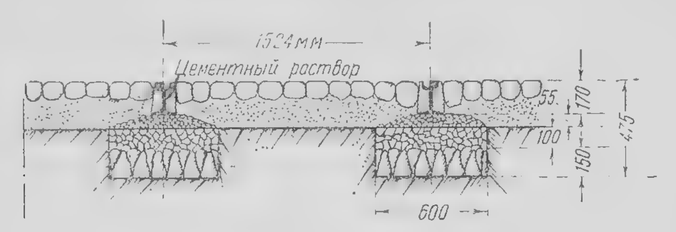


Рис. 13. Основание из щебеночных канавок.

каждый рельс в отдельности. Укладка щебня производится так же как и при устройстве сплошного основания.

Щебеночные основания расстраиваются благодаря тому, что проникающая вода разжижает грунт и происходят просадки, так как щебень постепенно смешивается с грунтом. Поэтому щебеночные основания требуют тщательного предохранения их от проникания воды через верхнее покрытие улицы к путям.

Наиболее распространенным основанием по своей простоте устройства, дешевизне и легкости ремонта для средних по величине городов является простое шпальное основание (рис. 14) на песчаном баласте, с засыпкой шпальных ящиков (пустот между шпалами) песком. Иногда шпальные ящики замащивают камнем, или заполняют бетоном. Вместо песка иногда, при плохом грунте, в качестве баласта под шпалы употребляют щебень. Еще реже устраивают сплошную бетонную плиту, на которую укладывают шпалы, подбирая их тонким слоем мелкого щебня.

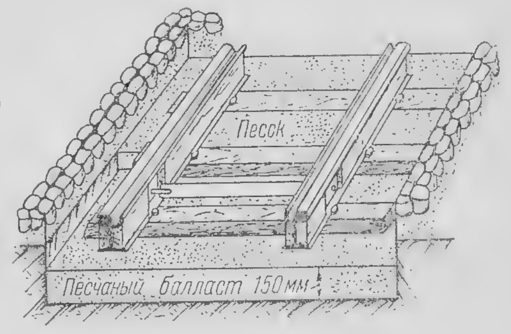


Рис. 14. Простое шпальное основание.

Шпалы употребляются чаще всего дубовые; реже — сосновые (менее прочные и долговечные). Для удлинения срока службы деревянных шпал, их пропитывают хлористым цинком или креозотом в специальных установках, под давлением, для того, чтобы антисептик проник в поры дерева. При пропитке без давления результат бывает отрицательный, так как оставшаяся в порах влага, задерживаемая внутри шпалы верхним слоем, пропитанным креозотом или хлористым цинком, вызывает гниение.

Срок службы пропитанных шпал увеличивается с 6—7 до 12—15 лет, а для дубовых шпал даже до 25—30 лет.

Нормальное число шпал на 1 *км* одиночного пути—1400 штук. При слабом грунте или укладке немерных рельсов число шпал увеличивается до 1600 шт. на километр. На стыках расстояние между шпалами уменьшается, но под самый стык шпалы почти никогда не подкладывают. Рельсы к шпалам прижимаются при помощи костылей. Подкладки под рельсы не применяются.

Шпальные основания большей частью расстраиваются вследствие гниения шпал и выдергивания костылей из шпал, благодаря чему получаются расширение пути, просадки, сильные удары на стыках и пр. Часто при слабом грунте и малой толщине баластного слоя происходит разжижение грунта, его осадка, образование ям под

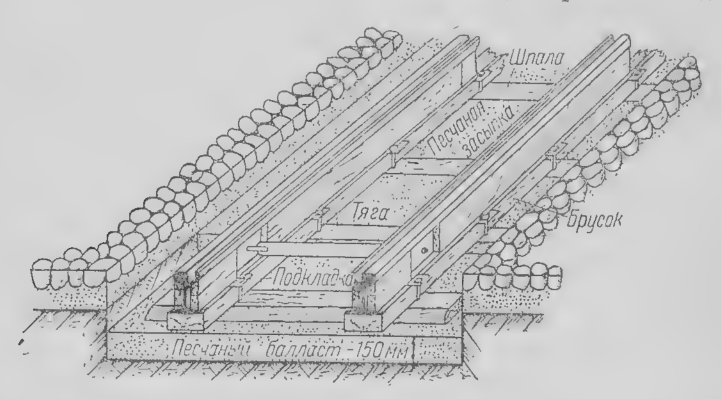


Рис. 15. Шпально-брусковое основание.

шпалами, где скопляется вода. Путем устройства надлежащего отвода вод, соответствующего баластного слоя и числа шпал этого можно избежать.

При более или менее интенсивном движении по улице, при обычном устройстве шпального основания с засыпкой шпальных ящиков песком и замощением камнем, благодаря небольшой высоте рельсов (максимум до 180 *мм*), происходит неравномерная осадка мостовой, а именно в шпальных ящиках камни оседают сильнее, чем на шпалах, где они почти лежат на самой шпале. Поэтому, с течением времени образуется волнообразная поверхность мостовой, которая требует обычно двухкратного перемощения, иногда замощения шпальных ящиков камнем или заполнения их бетоном. Чаще же, особенно при употреблении низких рельсов типа «Виньоль», применяется, во избежание указанных явлений, для искусственного повышения рельса и возможности иметь слой песка и над шпалами, шпально-брусковое основание (рис. 15). Под рельс укладываются прямоугольного сечения, сплошь по всей длине рельса, деревянные бруски, по ширине равные ширине подошвы рельса. Рельсы пришиваются к шпалам удлиненными костылями, причем костыли эти не проходят сквозь бруски. В этом случае под

рельсы в местах шпал подкладываются плоские, вырубленные из железа, пластинки с отверстиями для костылей, которые не дают возможности костылю отогнуться, что могло бы иметь место благодаря длине костыля. Шпально-брусковое основание можно допускать как паллиатив, но не как рекомендуемый тип основания.

Выбор типа основания зависит от типа верхнего покрытия мостовой, качества грунта, давления на ось трамвайного вагона, интенсивности движения по улице, наличия дренажа и водоотводов, расположения пути на магистрали, типа рельсов и пр.

Бетонные основания, как наиболее дорогие, рекомендуется употреблять только в городах с очень большой интенсивностью движения, с хорошими благоустроенными улицами, при наличии сплошного бетонного основания под усовершенствованной водонепроницаемой мостовой. При этом бетонное основание следует делать сплошное под всем полотном рельсового пути и для смягчения хода вагонов. Между сплошным бетонным основанием и рельсами следует прокладывать продольные деревянные лаги.

Щебеночное основание можно рекомендовать только при очень дешевой стоимости щебня, хорошем отводе вод и хорошем плотном грунте. При этом щебеночное основание также лучше делать сплошное.

При расположении путей трамвая на собственном незамощенном полотне применяется, при любом типе рельсов, обыкновенное шпальное основание. При расположении путей в проезжей части при рельсах специальных профилей (высоких) также может быть применено обычное шпальное основание.

Если применяются рельсы «Виньоль» железнодорожные недостаточной высоты для создания потребного слоя постели между шпалами и верхним покрытием, обеспечивающего равномерную осадку мостовой, то, как выход из положения, рекомендуется шпальнобрусковое основание, где бруски как бы искусственно повышают рельс. Баластом при этом может быть либо песок (при хорошем грунте и малой интенсивности движения), либо щебень (слабый грунт или большая интенсивность движения).

Верхнее покрытие полосы, занятой трамвайным путем, может быть либо в виде обыкновенной булыжной мостовой, либо в виде асфальтовой или асфальтобетонной мостовой. Если общее покрытие всей магистрали представляет собой асфальт или асфальтобетон и полосу, занимаемую трамваем, также желают покрыть асфальтом или асфальтобетоном, непосредственного примыкания асфальта к рельсу делать нельзя. При движении вагона рельс претерпевает постоянные колебания, он то несколько оседает при проходе вагона, то снова возвращается в свое первоначальное положение и поэтому слой асфальта или асфальтобетона у рельса быстро разрушается. В этом случае рекомендуется у рельсовых ниток с обеих сторон укладывать торцы, оставляя швы между ними пустыми и затем эти швы заполнять гудроном.

Вообще, в целях облегчения ремонта путей трамвая при усовершенствованной мостовой, полосу, занимаемую путями трамвая,

лучше оставлять замощенную хорошим, правильной формы, камнем.

Хороший отвод вод служит важным условием прочности и надежной работы основания. Поэтому на отвод дождевых вод, проникающих в основание пути, надо обращать особое внимание. Отвод вод из желобков рельсов и с поверхности рельсового полотна делается путем устройства специальных поперечных канавок из чугунных фасонных коробов с решетчатыми крышками. Из желобов рельсов вода проникает в эти поперечные канавки через отверстия, делаемые в желобках. Поперечные канавки отводят воду в водосточные колодцы.

Иногда вместо чугунных канавок устраивают простые замощенные поперечные лотки. Отвод вод от основания путей достигается тем, что продольный профиль основания бывает обычно с уклонами. Поперечный профиль дна основания (грунта) также делают с уклоном или к центру пути или к одному из боков. Таким образом, проникающая в основание вода скопляется в наиболее пониженной части. Отсюда вода отводится вбок к водоотводным колодцам дренажн[illegible] трубами или лотками, заполненными щебнем или гравием (подз[illegible] ные лотки), сверху закрытыми досками и мостовой.

При малом естественном уклоне профиля и слабом грунте д[illegible] также продольные дренажные канавки в поверхности котл[illegible] основания. Дренажные канавки делают с $2^0/_0$-ным уклоном и з[illegible] нают их щебнем или гравием. Через каждые 50—100 *м* вод[illegible] продольных дренажных канавок перехватывается попер[illegible] канавками и присоединяется к водоотводным колодцам.

5. Типы рельсов

При движении поезда рельсовый путь испытывает усилия в вертикальном и горизонтальном направлениях, зависящие от давления на ось и скорости движения. Если сравнить железные дороги и трамваи, то в первых давление на ось в 2—2,5 раза больше, чем во вторых, и скорость движения в 3—4 раза больше. Таким образом, на первый взгляд кажется, что в трамваях рельсы могут быть применены боле[illegible] легкие, чем на железной дороге, с меньшим моментом сопротивления в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Однако, более глубокое изучение условий движения трамвайных вагонов сразу же приводит к необходимости применять на трамвае более тяжелые и прочные рельсы, нежели рельсы нормальных железных дорог. Причины тому следующие.

Трамвайные пути укладываются большей частью в проезжей части улицы и рельсы обычно закрыты целиком до своей верхней поверхности — мостовой, часто усовершенствованной. Всякая починка пути связана с разломкой мостовой и затратой поэтому значительных средств. Чем прочнее рельс, тем он меньше подвержен игре при проходе вагона, тем меньше расстраивается путь и мостовая и тем меньше затраты на ремонт. Кроме того, условия удобн[illegible] подмащивания требуют увеличенной высоты рельсов. Отсюда выс[illegible] трамвайного рельса получается значительно больше желез[illegible] рожных рельсов.

Частое движение поездов при значительных уклонах, частые торможения на остановках и в пути, наличие пыли, сора, песка и пр. на поверхности рельса создают усиленный износ головки рельса. Головка трамвайного рельса изнашивается в три раза быстрее головки рельса на железной дороге. Поэтому ширина головки трамвайного рельса делается значительной по сравнению с требованиями нагрузки.

Наконец применение бесшпальных оснований вызывает стремление к уширению подошвы рельса для лучшего распределения и равномерной передаче давления на основание во избежание разрушения последнего.

Все эти причины приводят к тому, что трамвайные рельсы изготовляются в полтора раза тяжелее железнодорожных, несмотря на более легкие нагрузки и меньш ю скорость движения поездов.

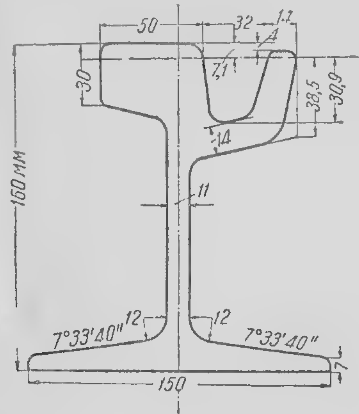


Рис. 16. Рельс «Феникс» № 2 для прямых путей.

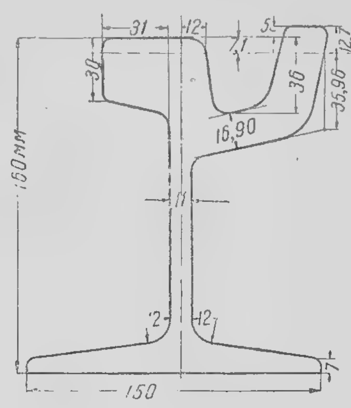


Рис. 17. Рельс «Феникс» № 2 для кривых участков путей.

Трамвайные рельсы с желобками называются рельсами типа «Феникс». Эти рельсы на кривых не требуют установки специального контррельса.

Постоянное Бюро всесоюзных трамвайных съездов в 1923 г. утвердило стандарт для трамвайных рельсов, принятый заводами к изготовлению. Объединенный стандарт рельсов «Феникс» установлен:

1) «Феникс» № 1 в Москве и Ленинграде для прямых путей, вес 55,17 *кг* в метре;

2) то же, для кривых путей, вес 60,65 *кг* в метре;

3) «Феникс» № 2 в остальных городах СССР для прямых путей, вес 46,59 *кг* в метре;

4) то же, для кривых путей, вес 51,63 *кг* в метре.

Рельсы для кривых отличаются более высокой и утолщенной губой.

Очень часто на незамощенных участках на шпальном основании или незамощенных участках на шпально-брусковом основании

употребляются для трамваев СССР обычные железнодорожные рельсы, так называемые рельсы типа «Виньоль». Эти рельсы большей частью употребляются трех типов:

тип «Виньоль» IA весом 43,56 *кг* в метре,

тип «Виньоль» IIA весом 38,41 *кг* в метре,

тип «Виньоль» IIIA весом 33,48 *кг* в метре.

Для города со средней интенсивностью трамвайного движения надо считать наиболее подходящими типами рельсов:

«Феникс» № 2 — на замощенных участках (рис. 16 и 17) и «Виньоль» IIA (рис. 18) на незамощенных участках.

Рис. 18. Рельс «Виньоль» IIA.

Для контррельсов применяются рельсы «Виньоль» IIIA и IVA большей частью изношенные, снятые за негодностью для нормальной работы.

Выработаны также специальные профили рельсов «Виньоль» для трамваев высотой 160 и 180 *мм*, с подошвами шириной 150 и 170 *мм*. Рельсовая сталь должна давать крепость на разрыв 70—80 *кг* на кв. миллиметр и удлинение 8—10%.

6. Стыки. Стыковые электрические соединения. Сварка рельсов термитом и электричеством. Поперечные тяги (трензели)

Длина трамвайных рельсов «Феникс» 15 *м*, железнодорожных «Виньоль» — 12,5 *м*. При укладке пути отдельные рельсы должны быть соединены между собой. Место соединения двух рельсов называется стыком.

Стыки бывают собранные при помощи накладок, стягиваемых болтами (сборный стык), и сварные. Свариваются стыки главным термитом и электричеством.

Рис. 19. Накладка для рельсов «Виньоль» IIA.

Железнодорожная накладка для рельсов «Виньоль» IIA и IIIA показана на рис. 19. На каждый стык необходимы две накладки, обе одинаковые. Накладки стягиваются обычно шестью болтами $^7/_8$" с употреблением шайб Гровера. Стык трамвайных рельсов

«Феникс» № 2 показан в разрезе на рис. 20. Здесь имеются две накладки с уширенным основанием длиной каждая 800 *мм*, причем фасон накладок наружной и внутренней (под губой) не одинаков. На накладки сверху натягиваются ухваты, которые гораздо короче накладок—300 *мм*. Накладки стягиваются шестью болтами, а ухваты только двумя средними болтами. Большей же частью стыки собирают без ухватов с одними накладками. Употребляются также накладки для рельсов «Феникс» без уширенного основания (рис. 21). Они менее прочны в работе и скорее сминаются. Накладки делаются из железа с усилием на разрыв до 50 *кг* на 1 *мм*².

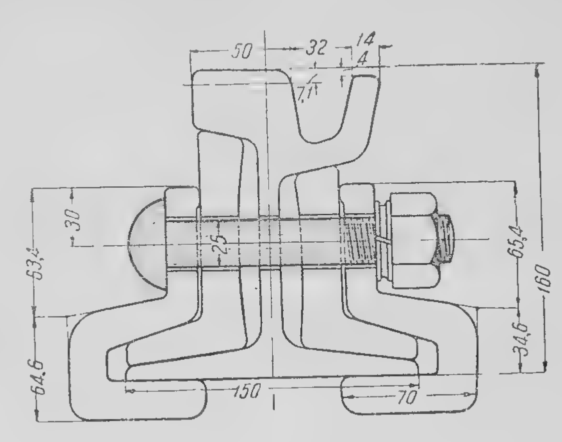


Рис. 20. Стык для рельсов «Феникс» на накладках и ухватах.

Как мы знаем, рельсовый путь является обратным проводом для постоянного тока, питающего вагоны трамвая. Поэтому, естественно, сопротивление рельсового пути стремятся иметь наименьшее. Главное сопротивление рельсового пути составляют стыки. Даже самым тщательным образом собранный стык с течением времени разбалтывается, в него проникает вода, соприкасающиеся железные поверхности окисляются и ржавеют, и сопротивление стыка все более и более увеличивается.

Рис. 21. Стык для рельсов «Феникс» на накладках без уширенной подошвы.

Для уменьшения сопротивления стыка употребляют так называемые стыковые электрические соединения. Стыковые соединения приваривают к соединяемым рельсам (рис. 22). Иногда вместо коротких стыковых соединений ставят длинные обходные соединения, в обход накладок, стрелок и крестовин.

Кроме стыковых электрических соединений ставятся междурельсовые электрические соединения, связывающие электрически между собой обе нитки рельсов одного и того же пути. Два пути двухколейной линии также соединяются между собой электри-

чески так называемыми междупутевыми соединениями. Междурельсовые соединения ставятся через каждые 8—10 звеньев, а междупутевые — в два раза реже.

Более совершенным способом соединения двух рельсов в стыке является сварка. Несмотря на то, что нормальной длины рельс удлиняется при повышении температуры на 1° С на 0,2 *мм* и на такую же величину уменьшается в длине при понижении температуры на 1° С, является возможным сваривать без оставления сборного стыка по 10—15 рельсов подряд. Условие укладки рельсового пути трамвая в замощенной улице, с одной стороны, уменьшает влияние температуры наружного воздуха, так как предохраняет рельсы от нагревания, а с другой стороны, между поверхностями шейки и подошвы рельса и мостовой создается настолько сильное трение, что последнее препятствует удлинению или сжатию рельса и не позволяет ему выгнуться при расширении вбок или стянуться при охлаждении.

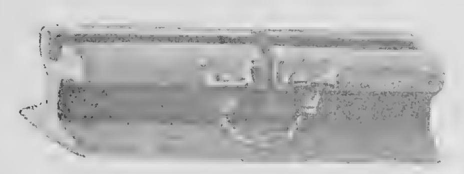


Рис. 22. Стыковое электрическое приварное соединение.

При сварке рельсов термитом или электричеством отпадает надобность в стыковых электрических соединениях

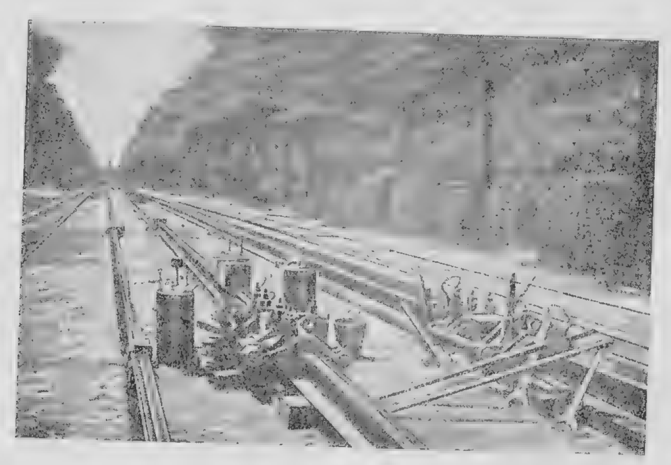


Рис. 23. Сварка стыка термитом.

и совершенно устраняется возможность разбалтывания стыка. По условиям прохождения обратного тока и спокойствия хода вагона сварной стык ничем не отличается от цельного, неразрезанного рельса. Сварной стык не требует ремонта, т. е. удешевляет эксплоатацию пути. Брак сварных стыков нормально составляет от 3 до 5% (разрывы после сварки) и зависит от многих причин.

Термитная сварка (рис. 23) применяется большей частью при

новых укладках пути. Употребляется также термитная сварка и при ремонте стыков.

Термит представляет собой механическую смесь алюминия в порошке и окиси железа. На 1 часть алюминия приходится 3,7 частей окиси железа. Кроме того, добавляют немного силиция, ферро-марганца и ферро-силиция.

Термит развешивается по порциям. В каждую порцию входит определенное количество термита с таким расчетом, чтобы металл в форме достиг головки рельса, не покрывая ее. Зажигание термита производится или электрической искрой или запалом, состоящим из магния, алюминия и перекиси бария.

Если термит зажечь, то горение быстро распространяется по всей порции термита, причем температура доходит до 3500—4000° С. Этой то температурой и пользуются для сварки стыка. Перед сваркой стык тщательно очищают от ржавчины стальными щетками и фрезеруют торцы головок обоих свариваемых концов рельсов. На стык устанавливают особый сильный стяжной пресс, вставляют между головками рельсов свариваемого стыка особую обмедненную стальную пластинку и крепко сжимают ее стяжным прессом между концами рельсов. После этого стык подогревают. Над стыком устанавливают тигель с огнеупорной обмазкой внутри и высыпают в него порцию термита.

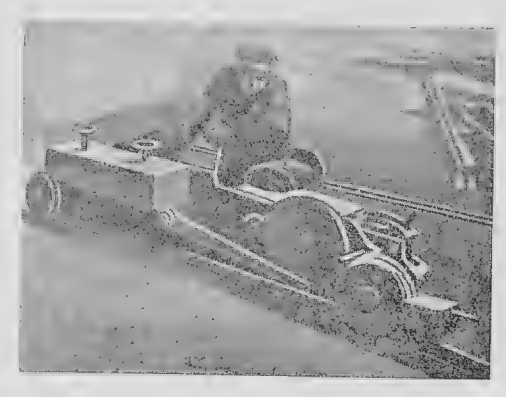


Рис. 24. Электромоторный шлифовальный круг для рельсов.

Тигель внизу имеет отверстие, закрытое гвоздем. После разогрева стыка, на него надевают две половинки формы, которые, будучи стянуты вместе, образуют полость вокруг стыка для заполнения термитом. Форму со всех сторон подмазывают глиной, чтобы термит не вытек при заливке формы.

Когда зажженный термит примет надлежащую температуру (3500—4000°) и металл расплавится, то его выпускают в форму, приподнимая специальной штангой запорный гвоздь снизу. Расплавленный металл заполняет форму до головки рельса, а выше уже располагается шлак. Благодаря высокой температуре шейка и подошва рельса расплавляются в металле термита, а головки рельсов и вставленная стальная пластинка — размягчаются в шлаке. Тогда, стягивая стяжной прибор, заставляют обе головки и с т а л ь н у ю п л а с т и н к у с в а р и т ь с я. После остывания форму снимают, шлак отбивают и верхнюю и боковые поверхности головки рельса на стыке зачищают плоским напильником вручную или специальным шлифовальным кругом, приво-

димым в движение электромотором (рис. 24). Более правильное механическое спиливание дает машина, представленная на рис. 25, где шлифовка рельса производится плоской наждачной колодкой, нажатие которой регулируется. Эта машина употребляется также при шлифовке рельсов, подвергшихся волнообразному износу.

Электрическая сварка стыков применяется большей частью при ремонте стыков.

При электрической сварке рельсов применяется или постоянный ток, получаемый от мотор-генератора (мотор питается переменным или постоянным током, а генератор дает постоянный ток низкого напряжения и большой силы), или же переменный ток, получаемый от сварочного трансформатора СТ-2.

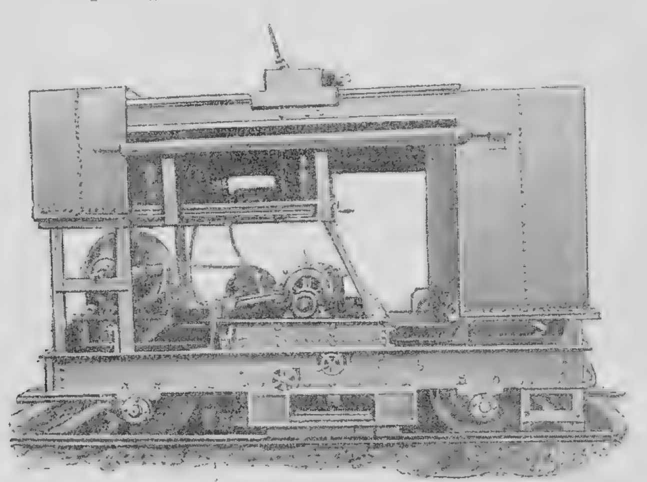


Рис. 25. Машина для опиловки и шлифовки рельсов.

При работе по сварке стыков на линии мотор-генератор устанавливают обычно либо на автомашине, либо в вагоне. Трансформатор СТ-2 может быть, в виду своего сравнительно небольшого веса, установлен и продвигаем на тележке.

Выбор того или иного вида сварочного агрегата зависит главным образом от наличия электрической сети в месте производства сварки (постоянный или переменный) и его напряжения.

Преимущество электросварного стыка перед стыком, сваренным термитом, — меньшая стоимость. Некоторые трамваи (например Одесский) указывают также, что электросварной стык, надлежащим методом сваренный, прочнее стыка, сваренного термитом, и сборного стыка.

В основном, в настоящее время применяются два метода электрической сварки стыков: 1) приварка накладок, 2) приварка подкладки с расфасовкой и сваркой головок рельсов (метод «Аркос»).

При первом методе (рис. 26) накладки (с обеих сторон) берут сначала на болты, а затем приваривают каждую накладку к яблоку

сплошным швом, иногда двойным, а к подошве — швом с перегревом у места стыка на 40—50 *мм*. После сварки болты снимаются.

При приварке подкладки стык также берется сначала на накладки и болты. Затем приваривают подкладку длиной 400 *мм* и такой ширины, чтобы она выступала из-под подошвы на 30 *мм* с каждой стороны. Приваривают подкладку также не непрерывным швом, а оставляя в месте стыка перерыв в 40 *мм*.

Головки рельсов срезаются под углом к вертикали в 35° и завариваются сначала мягкой упругой сталью, а верхний слой — твердой, той же твердости, что и верхний слой головки рельса. После сварки накладки и болты снимают.

Иногда приваривают и накладки и подкладки без сварки головок рельсов. Часто, применяя приварку подкладок и сварку головок рельсов по методу «Аркос», в особо ответственных участках оставляют и накладки на болтах на случай разрыва сварного стыка в месте сварки. Сварка производится током силой в 200—250 ампер. Количество расходуемой энергии — 10—15 квтч на стык, время сварки — 1—2 часа на стык в зависимости от метода сварки. После сварки головка рельса шлифуется для совершенного выравнивания поверхности головок двух рельсов в месте стыка.

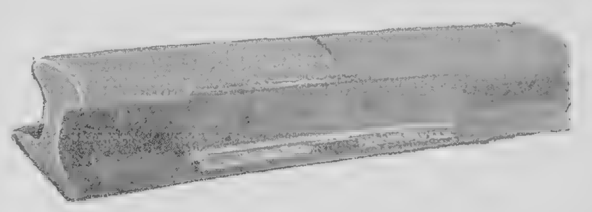


Рис. 26. Стык с приваренными накладками (электрическая сварка).

Контроль за доброкачественной сваркой при сварке электрической дугой гораздо легче, чем при термитной сварке, так как здесь место сварки открыто.

Две нитки рельсов одного и того же пути во избежание расширения или сужения, для обеспечения правильной ширины колеи, соединяются между собой поперечными железными тягами (трензелями). Эти тяги бывают из круглого железа диаметром 25 *мм* или из полосового обычно 60 × 10 *мм*. Тяги прикрепляются к шейкам рельса или болтами, при плоских тягах, болты ставятся $^3/_4''$ в отверстие отогнутой части тяги, или же концы тяг продеваются непосредственно в дыры в шейке рельса и закрепляются гайками.

7. Кривые и их расчет. Превышение наружного рельса, уширение колеи и междупутья на кривых

При проходе двухосного вагона по кривой колесные пары вагона с жесткой базой, имея небольшой разбег в буксах, остаются параллельными друг другу (рис. 27). Поэтому, чем круче радиус и чем больше база вагона (расстояние между осями), тем труднее вагон вписывается в кривую. При определенном радиусе, меньше допустимого, вагон может «вылезти» из кривой.

Существует определенная зависимость между базой вагона и допустимым наименьшим радиусом кривой:

База в *м*	1,5	1,8	2	2,5	3
Наименьший радиус кривой в *м* . . .	12	14	16	20	25

Обычно стремятся не делать радиуса на эксплоатируемых путях меньше 20—25 *м*. Радиус относится к оси пути. Указанный наименьший радиус употребляют только там, где нельзя применить большего радиуса, а остальные закругления трассируют радиусами 50—75 и больше *м*, которые и будут стандартными для всей сети.

При проходе вагона по кривой передняя колесная пара стремится вылезти из колеи наружу кривой, а задняя колесная пара — внутрь кривой. Поэтому на кривых особое значение имеет губа рельсов «Феникс» или контррельс при рельсах «Виньоль», которые препятствуют вагону сойти с рельсов.

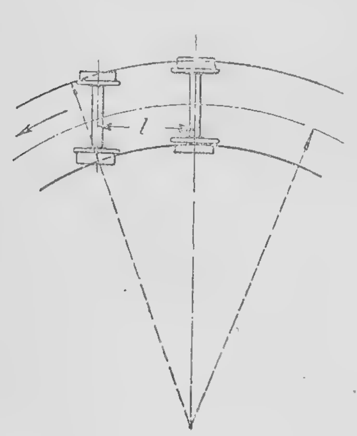


Рис. 27. Установка колесных пар на кривых.

Рельсы «Феникс» на кривых с радиусом меньше 100 *м* укладывают с повышенной губой. При рельсах «Виньоль» на кривых с радиусом меньше 100 *м* — контррельсы ставятся на обеих нитках, а больше 100 *м* — только на одной внутренней нитке. На кривых с радиусом более 150 *м* контррельсы не ставятся, за исключением участков, опасных для движения (на уклонах и т. п.).

Зазор между рельсом и контррельсом делают при рельсах «Виньоль» 40—45 *мм*.

Контррельс устанавливается несколько выше основного рельса и укрепляется к нему болтами $^7/_8$". Для создания определенного зазора между рельсом и контррельсом вставляют специальные чугунные фасонные вставки или отрезки труб, сквозь которые и пропускаются стяжные болты. Благодаря добавочным усилиям, которые испытывают и вагон и рельсовый путь на кривой, износ рельсов и реборд бандажей на кривых бывает значительно больше, чем на прямых участках пути. Для уменьшения износа необходимо уменьшить дополнительные сопротивления возможно больше, что достигается определенным устройством кривых участков пути. Чтобы уменьшить сопротивление движению вагонов на кривой, сгладить толчки и тем самым уменьшить износ рельсов и бандажей колес, нужно угловую скорость при движении вагона на кривой увеличивать равномерно-ускоренно.

Однако практически осуществить такое положение, когда вагон у начала кривой имел бы скорость 0, а затем начинал бы по кривой двигаться равномерно-ускоренно, не представляется возможным ни по условиям средней коммерческой скорости, которая сильно

упала бы из-за остановок перед каждой кривой, ни по трудности строгого соблюдения вожатым равномерно-ускоренного движения.

Большей частью на практике делают закругления с одинаковыми переходными кривыми как в начале закругления, так и в конце его. Однако бывают случаи, когда переходные кривые в начале и в конце закругления делаются различные по радиусам и углам отдельных своих элементов.

При ответвлении пути делают часто переходную кривую только с одной стороны.

При разбивке закруглений на практике часто приходится устраивать так называемые обратные кривые для обхода угла при повороте из узкой улицы на широкую, или наоборот. Между обратными кривыми обычно делается прямая вставка длиной 10 *м*.

При переходе вагона по кривой, благодаря центробежной силе, наружные колеса вагона, идущие по наружной нитке кривой, нагружаются более, чем колеса, идущие по внутренней нитке кривой, т. е. вагон как бы стремится опрокинуться наружу кривой. Это стремление опрокидывания будет тем больше, чем больше скорость движения вагона по кривой и чем круче радиус. Если принять, что скорость движения вагона по кривой не будет более 10 *км/час*, то в зависимости от радиуса кривой превышение наружного рельса над внутренним будет следующее:

Радиус кривой—R в *м* .	100	75	50	40	35	30	25	20
Превышение—η в *мм* . .	10	15	20	25	30	32	35	37

При радиусах от 100 до 200 *м* делают превышение на 7—5 *мм* и при радиусах более 200 *м* — не делают вовсе.

Превышение наружной нитки кривой над внутренней достигается путем поднятия наружного рельса и опускания внутреннего или же, если этого сделать нельзя, за счет поднятия наружного рельса.

Для более легкого прохода вагона на кривой применяют уширение колеи в кривой. Это уширение должно быть тем больше, чем круче кривая, т. е. чем меньше ее радиус. Однако благодаря тому, что трамвайные рельсы «Феникс» имеют определенную ширину желобка, необходимо считаться с тем, что при сильном уширении губа рельса не позволит реборде бандажа вписаться в кривую.

Поэтому обычно принимают, что для кривых из рельсов «Феникс» уширение колеи делают, начиная от радиуса 75 *м* и ниже, причем вначале уширение увеличивается с уменьшением радиуса, доходя до 10 *мм*, а затем уменьшается до 6—5 *мм*.

R в *м* от ∞ . . . до	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
b в *мм*	0	5	6	7	8	9	10	10	9	8	7	6—5

При прохождении вагона по кривым кузов вагона захватывает большую полосу, потому что вагон выступает своими концами наружу кривой, а в середине — внутрь кривой более, чем это имеет место на прямых участках пути. Вылет вагона наружу кри-

вой будет тем больше, чем больше свешивающаяся часть вагона, т. е. расстояние от оси до торцовой стены кузова. Внутрь кривой кузов выступает на кривой тем больше, чем более жесткая база вагона l (рис. 28) или расстояние между осями на поворотах.

Необходимое уширение междупутья зависит таким образом от радиуса кривой R, длины вагона L, ширины вагона $2b$, базы вагона l и в каждом отдельном случае определяется графически, путем продвижения на двухпутной кривой габаритов двух вагонов с оставлением необходимого определенного расстояния между ними (400 *мм*) при любом взаимном расположении двух встречных вагонов.

Практически уширение междупутья достигается тем, что кривые наружного и внутреннего путей описываются одними и теми же радиусами из разных центров, благодаря чему наружный путь отодвигается от внутреннего на кривой на расстояние большее, чем ширина междупутья на прямой.

Рис. 28. Расположение вагона на кривой.

При малых радиусах уширение междупутья доходит до 500—600 *мм*. Уширение колеи и междупутья и превышение наружного рельса над внутренним делают, начиная с последнего звена прямой, и заканчивают, сводя их на-нет — на последующем звене прямой, после окончания кривой. Уширение колеи производится путем сдвига внешнего рельса, оставляя внутренний рельс на месте.

В случае, если по трамвайным путям предполагается движение железнодорожных вагонов, то применение рельсов «Феникс» вообще невозможно. Кроме того, помимо необходимого усиления основания, путем увеличения толщины баластного слоя до 300—400 *мм* и числа шпал, изменяются почти все соображения об укладке кривых.

Расстояние между осями путей, при отсутствии мачт в междупутьи, доводится до 3600 *мм*, минимальный радиус кривых берется не менее 45—40 *м*, уширение колеи в кривых делается, начиная от радиуса в 500 *м*, следующим образом:

R в *м*	500—401	400—301	300—226	225—35
b в *мм*	5	10	15	18

Зазор между рельсом «Виньоль» и контррельсом делается не менее 43—46 *мм*.

Превышение наружного рельса над внутренним, благодаря небольшой скорости возможного движения товарных железнодорожных вагонов по кривым трамвайных путей, то же что и для одного трамвайного движения. Наконец, несмотря на коничность обточки бандажей железнодорожных вагонов, уклона рельсов внутрь пути,

при небольшом сравнительно количестве проходящих железнодорожных товарных вагонов не делают.

Износ рельсов на прямых выражается, главным образом, в уменьшении толщины головки рельса. Износ боковых поверхностей головок и губы на прямой невелик и происходит вследствие качания вагонов, особенно при плохо вырихтованном в горизонтальной плоскости пути. Наоборот, на кривых изнашиваются сильно боковые поверхности головки рельса и губа. На кривой рельс в боковом направлении изнашивается в полтора раза скорее, чем в вертикальном направлении, т. е. при сравнительно еще достаточной толщине головки рельса, боковой износ ее, грозящий совершенно отвалить головку рельса, заставляет заменять рельс новым. Предельным износом головки (яблока) рельса считается 20 *мм*. На кривой рельс служит в 4 раза меньше времени, чем на прямых.

На кривых больших радиусов и на прямых участках, особенно при рельсах «Феникс», замечается часто так называемый волнообразный износ рельсов, заключающийся в появлении на поверхности рельса чередующихся довольно правильно выступов и впадин на близком расстоянии друг от друга. Волнообразный износ рельсов расстраивает вагон и все его части. Настоящая природа и основная причина волнообразного износа рельсов еще недостаточно изучена.

8. Стрелки, крестовины и пересечения, их расчет и изготовление. Автоматические стрелки. Централизованное управление стрелками

При разветвлении путей укладываются стрелки и крестовины. При пересечении путей укладываются пересечения. Стрелки бывают сборные и литые. Сборные стрелки собираются из рельсов на болтах или свариваются, причем между рамным рельсом и контррельсом вставляются чугунные прокладки особой формы.

Благодаря самым разнообразным случаям, встречающимся на практике отдельных ответвлений и пересечений, выполняемых под разными углами при двойных и одиночных путях, на прямых и кривых участках расчет стрелок, крестовин и пересечений, в каждом отдельном случае, будет особый. Однако на практике обычно употребляют определенные типы стрелок и крестовин для трассировки наибольшего количества узлов, и только в отдельных случаях делают специальный расчет и изготовляют соответствующие крестовины и стрелки.

Стрелки бывают правые, левые и симметричные для ответвлений в обе стороны. Обычно стрелки имеют два подвижных пера, ограниченных с одной стороны радиусом круга: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 *м*, а с другой стороны перо имеет прямой кант. Иногда употребляются стрелки с одним подвижным пером и одним глухим.

Для нормальных ответвлений употребляются большей частью стрелки с радиусом 50—40 *м*. Для парковых путей применяются короткие стрелки с радиусом закругления остряка 20—25 *м* и с длиной остряка 2—2,5 *м* против нормальной длины 3—3,5 *м*.

Перо стрелки отливают из марганцевой стали. На рис. 29 представлена правая часть литой стрелки для путей из рельсов «Феникс». Средняя часть стрелки отлита из марганцевой стали.

Стрелки бывают переводные и автоматические. Если движение вагонов идет в двух направлениях, то устанавливают переводные стрелки. Переводное перо при этом имеет специальный защелкивающий механизм для плотного прилегания пера или к рамному рельсу или контррельсу.

Если оба пера стрелки подвижные, то часто оба пера соединяют между собой тягой, обеспечивающей одновременный перевод обоих перьев.

Если движение вагонов идет только ответвляясь в одном направлении, то устанавливают автоматические стрелки, так называемые «отбивные», которые всегда имеют перья, установленные автоматически при помощи пружин, в одном направлении. Вагоны, идущие в обратном направлении через стрелку, отжимают ребордами бандажей перья и свободно входят на путь. Такие стрелки устанавливаются например на разъездах при однопутных линиях при входе и выходе с разъезда.

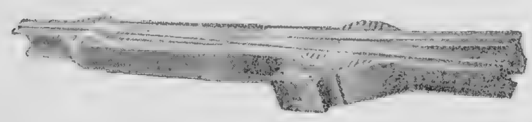


Рис. 29. Литая стрелка для рельсов «Феникс».

Применяются стрелки и с электромагнитным переводом перьев, причем каждая отдельная стрелка оборудуется самостоятельным аппаратом для автоматического электромагнитного перевода стрелки по воле вожатого, или уже устраивают при наличии большого числа стрелок, на оживленном узле города, централизованное управление стрелками, где они переводятся специальным лицом, управляющим на расстоянии каждой стрелкой. В этом случае устраивается блокировка для избежания аварий при неправильном переводе стрелки.

При автоматических индивидуальных стрелках аппарат перевода перьев состоит из двух соленоидов. Один из них имеет толстую обмотку и соединяется последовательно с аппаратами вагона, пропуская через себя ток, срабатывая и тем переводя перо, только в том случае, если вожатый проехал со включенными контроллерами определенный участок сети, где подвешен серииесный контакт. Другой соленоид имеет тонкую обмотку и включается параллельно с аппаратом вагона. Шунтовый контакт, соединенный с шунтовым соленоидом, получает ток всякий раз, как пройдет дуга вагона и тем самым, независимо от воли вожатого, сработает шунтовый соленоид и переведет перо стрелки за собой в прежнее положение, на прямую, если только вагон предварительно перевел для себя стрелку. Если вагон идет прямо и перевода стрелки не требуется, вожатый должен проехать под сериесным контактом с выключенным контроллером, тогда стрелки останутся в покое и пропустят вагон по прямому направлению.

Имеются несколько систем автоматических стрелок, но особого распространения ни одна из них пока не получила. При малой интен-

сивности движения по стрелке невыгодно затрачивать средства на устройство автоматической стрелки, а проще обязать самого вожатого перевести для себя стрелку от руки в нужном направлении, сделав перед стрелкой остановку вагона. При этом вожатый имеет возможность перевести стрелку, не покидая места управления.

При интенсивном же движении, на оживленном узле, а также, где имеются несколько стрелок, часто переводимых в разных направлениях, выгоднее и безопаснее установить централизованное управление стрелками с соответствующей блокировкой.

При пересечении двух рельсов устанавливают крестовины. Крестовины также бывают сборные и литые. Сборные крестовины изготовляют из рельсов, а литые отливают из марганцевой стали. Крестовины бывают прямые и кривые. Кривые крестовины бывают с одним прямым и одним кривым рельсом, либо с обоими кривыми рельсами. Крестовины отличаются по углу пересечения (раствору) и по радиусам кривых (кривые крестовины).

Для устранения ударов колес, при проходе через крестовину, делается повышение дна желобка с таким расчетом, чтобы на самом пересечении двух желобков колесо проходило, катясь ребордой по повышенному дну желобка. Это повышение в сборных крестовинах достигается электрической наваркой дна желобка. Сборные крестовины делаются из одного целого куска рельса и двух отрезков.

Крестовины отличаются своими «марками» или тангенсами углов, образуемых пересечением. Наиболее часто употребляются марки 1/4, 1/5, 1/6 и 1/8.

Крестовины чаще всего употребляются 1/6 и 1/5 и для парковых путей и крутых поворотов — 1/4. Углы раствора крестовин при этом соответственно будут:

при марке 1/6 — 9°31′38″,
при марке 1/5 — 11°25′16″,
при марке 1/4 — 14°15′00″.

9. Работы по новой укладке и ремонту пути. Механизация путевых работ

Работы по укладке нового пути состоят из:

а) разборки мостовой и относки камня на тротуары или укладки камня у места работ (при широких улицах);

б) устройства котлована под путь (земляные работы);

в) устройства основания: шпального, бетонного и т. д.;

г) раскладки рельсов, сболтки их, сварки, пришивки рельсов к шпалам;

д) рихтовки и подбивки пути;

е) замощения пути.

Рельсы и другие материалы должны быть развезены до начала работ и сложены по фронту работ: рельсы — у бордюра тротуара, песок — в свободных от проезда местах, шпалы — в штабелях неподалеку от места работ, мелкий материал (болты, гайки, стыковые соединения, трензеля и пр.) и инструмент — в бочках или ящиках у места работ.

При перевозке рельсов со склада к месту работ пользуются или платформами с длинным сцеплением, прицепляемым к моторному вагону, или грузовиком со специальным добавочным ходом. Нагрузку рельсов на платформы и грузовики удобно производить автокраном, могущим самостоятельно передвигаться в любое место.

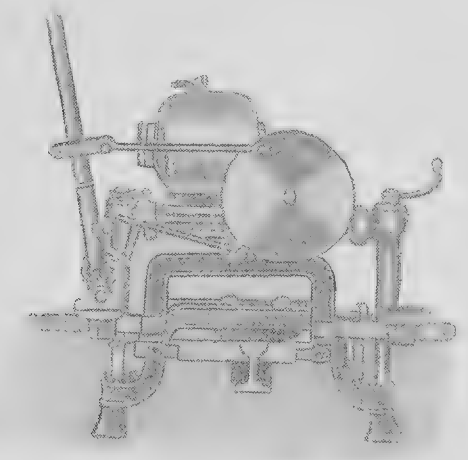


Рис. 30. Стационарная электроножовка для рельсов.

Сверление дыр в шпалах для забивки костылей (во избежание растрескивания шпал) производится или вручную, или электрическими сверлильными машинами.

Резка рельсов производится или вручную или электрическими машинами. При заготовке рельсов в мастерских применяется стационарная электрическая ножовка (рис. 30), а на работах при прокладке пути удобно применять передвижную электрическую ножовку.

Точно так же сверление дыр в рельсах производится или вручную обыкновенными трещотками или же электрической сверлильной передвижной машиной (рис. 31). Применяется также прожигание дыр в рельсах автогеном.



Рис. 31. Электросверлильная машина для сверления дыр в рельсах.

Гнутье рельсов производится заранее в мастерских и затем заготовленные кривые доставляются на место работ. Часто заготовленные кривые приходится на месте работ или добавочно несколько выгибать или же наоборот — увеличивать радиус кривизны. Для выгиба рельсов служит обычно ручной пресс (рис. 32). Однако работа с ним требует особого навыка и хорошего «глаза», так как рельс при освобождении от пресса несколько

разгибается в силу упругости стали и поэтому при гнутье его приходится, руководствуясь опытом и навыком, придавать изогнутому рельсу несколько меньший радиус изгиба, чем это требуется в действительности.

В 5—6 раз быстрее и значительно точнее рельс выгибается на специальном электрическом моторном прессе, где радиус кривизны может быть заранее установлен.



Рис. 32. Ручной пресс для выгиба рельсов.

Для выгиба разного рода рельсов в прессе устанавливают соответствующие валики. Кривые, радиусом более 300 *м*, получают без применения пресса, а путем изгиба рельсов при пришивке их к шпалам, либо подавая весь путь вместе со шпалами ломами в ту или иную сторону. Для стяжки рельсов служит специальный прибор с трещоткой (рис. 33). Значительно ускоряет работу по навинчиванию гаек применение ключа двойного действия (рис. 34).

Подбойка баласта под шпалы производится или обыкновенными ручными подбойками, или же пневматическими, при наличии пере-

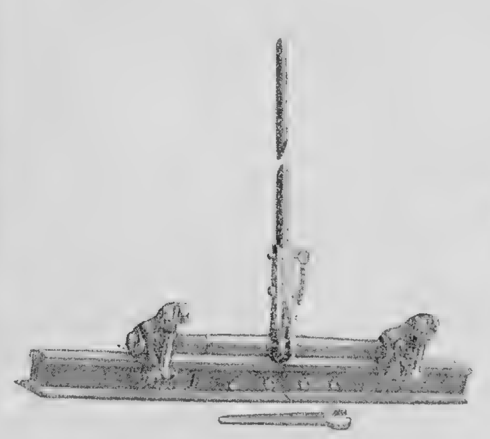




Рис. 33. Прибор для стяжки рельсов.

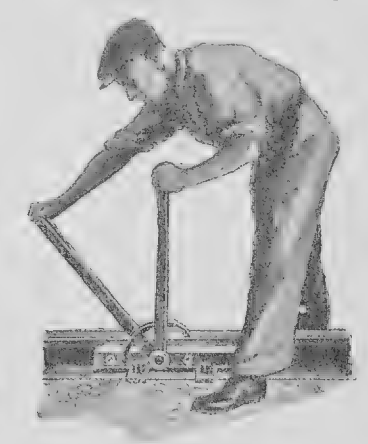


Рис. 34. Ключ двойного действия.

движного компрессора (рис. 35). Существуют также электрические машины для подбойки щебня и песка под рельсы.

Важное значение при производстве путевых работ имеют подъемные и транспортные средства. Рельсы передвигаются с места на место при работах или вручную при помощи специальных клещей

(рис. 36) или при помощи двухколесной тележки (рис. 37), имеющей специальные подвесные клещи. При подвешивании рельса на тележку достаточно 3—4 человека, причем в этом случае производительность гораздо выше производительности при ручной переброске.

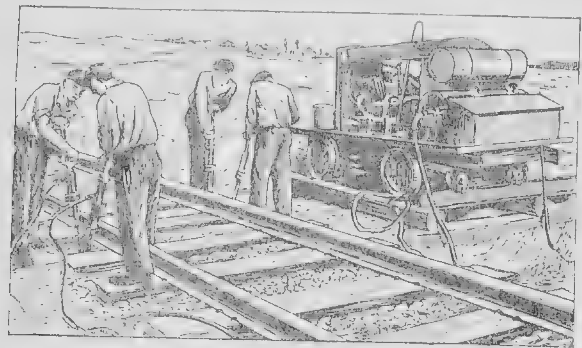


Рис. 35. Пневматическая подбойка шпал.

Большое удобство представляет переброска шпал и рельсов на легких тележках.

Мелкий материал рационально передвигать на опрокидывающейся тачке. Подъем рельсов при подбивке их и рихтовке производится домкратами.

Перевозку баласта можно производить на специальных опрокидывающихся платформах. Такие платформы существуют самых разнообразных конструкций.

После укладки основания, рельсов, подбивки и рихтовки пути производится замощение мостовой.

Фронт работ по прокладке пути обычно захватывает в городских условиях 200—250 *м*. Захват большей длины вызывает стеснение движения по улице на значительной длине. Рабочие разбиваются на несколько партий. При наличии мостовой впереди идет партия, разламывающая мостовую и очищающая полотно от камня мостовой. Вторая партия производит выкопку земли под котлован. Третья партия производит устройство основания с насыпкой баласта и укладкой шпал. Четвертая партия производит раскладку и пришивку рельсов и их сболтку на протяжении 4—5 звеньев. Наконец последняя партия подбивает и рихтует путь.

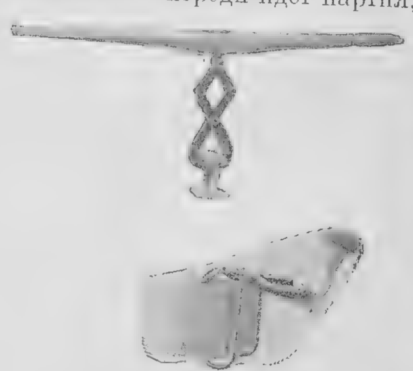


Рис. 36. Клещи и ухват для переноски рельсов и шпал.

Сварка оставшихся несваренных стыков (при сплошной сварке) и замощение может производиться несколько позже, даже при открытом движении.

При ночных работах важно дать хорошее освещение на месте работ, для чего устанавливают специальные электрические фонари.

Существует еще целый ряд механизмов и инструментария, простых и сложных, употребляющихся при путевых работах, однако

они особого интереса не представляют и поэтому в настоящем разделе не приведены.

Ремонт пути делится на:

1) капитальный и
2) текущий.

К капитальному ремонту относят: сплошную смену рельсов при их износе, сплошной ремонт основания, смену стрелок и крестовин, сплошную сварку стыков, смену кривых, сплошной ремонт замощения.

При текущем ремонте производят вставку кусков рельсов на прямых и кривых участках пути, исправление провесов пути, ремонт стыков (частичный), единичную смену шпал, ямочный ремонт мостовой, смену накладок, трензелей в том или ином месте, ремонт (сварку) стыка, смену стыковых электрических соединений, смену перьев стрелок, ремонт стрелок и крестовин и т. д. и т. п.

К ремонту пути относится и частичная или сплошная шлифовка рельсов при волнообразном их износе. Эту шлифовку производят специальными шлифовальными машинами.

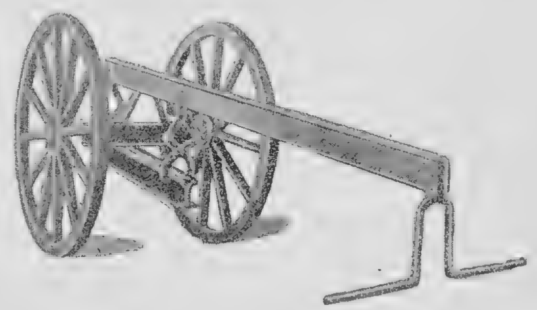


Рис. 37. Двухколесная тележка для перевозки рельсов.

После шлифовки производят нагревание рельсов кислородным пламенем и поливку их водой, благодаря чему рельсы закаливаются по внешней своей поверхности и лучше противостоят волнообразному износу. При расстройстве в отдельных местах основания в местах повреждения основания иногда подводят под рельсы шпалы или куски шпал. Ремонт стыка производится различными способами, в зависимости от его повреждения.

При небольшом износе головки рельса и целости шейки, для уничтожения выбоины в головке рельса от удара набегающего бандажа, производят электронаплавку выбитого места и приварку накладок или же сварку стыка термитом.

При сильном износе стыка, лопнувшей шейке, лопнувшем сваренном термитом стыке производят вырезку поврежденного места и вставку нового куска длиной от 300 до 1000 *мм* (по 150—500 *мм* от каждого рельса).

10. Мастерские службы пути и рельсовый двор

Для заготовки крестовин, пересечений, кривых, остряков для стрелок, стрелочных механизмов, болтов, тяг и прочих специальных частей в каждом трамвайном предприятии при службе пути должны быть организованы подсобные мастерские.

Эти мастерские для среднего трамвая должны иметь:

1) зал для сборки пересечений, крестовин, гнутья кривых и пр., размером около 800 $м^2$, в этом зале устанавливаются: мощный продольно-строгальный станок, сверлильный станок, долбежный станок, электросварочные агрегаты для наплавки и сварки рельсов, крестовин, стрелок и пр.; зал должен иметь подъемный мостовой или поворотные краны для подачи тяжелых частей на станки для сборки узлов;

2) кузницу на 1—2 огня;

3) формовочную для изготовления и сушки опок для термитной сварки;

4) механический цех со станками: токарным, болторезным, поперечно-строгальным, сверлильным, наждачным и песчаным точилом и, кроме того, должны быть верстаки с тисками;

5) деревообделочную для изготовления посилок, ручек для инструментов, ремонта тачек и т. д.;

6) инструментальную;

7) склад для материалов;

8) контору мастера,

9) подсобные помещения.

При больших сварочных работах необходимо электросварку выносить из сборочного зала и устраивать электросварочное помещение особо.

Непосредственно возле мастерской желательно иметь и рельсовый двор для хранения рельсов и шпал. Рельсы складываются по типам в штабели непосредственно возле подъездного трамвайного пути для удобства нагрузки и выгрузки. Желательно иметь на рельсовом дворе подъемные средства для облегчения работ по выгрузке и нагрузке. Шпалы также складываются в штабели с устройством просветов между отдельными шпалами, во избежание их загнивания.

Готовые стрелки и крестовины следует хранить в закрытом помещении или же под навесом. Подъездной рельсовый путь иногда вводят в сборочный зал мастерских через особые ворота для облегчения подачи рельсов для изготовления узлов, стрелок и крестовин.

Описанные выше механизмы для путевых работ должны также храниться в закрытом помещении во избежание их порчи.

11. Очистка пути. Борьба со снежными заносами

Для уменьшения расхода энергии и для бесперебойной работы трамвайных вагонов зимой и летом пути очищают.

В летнее время производится ручная или механическая очистка рельсового полотна от пыли и грязи и прочистка желобков рельсов «Феникс» специальными скребками от накопившейся в них спрессовавшейся грязи. Кривые участки пути смазываются мазутом, причем при крутых радиусах (менее 100 $м$) смазываются оба рельса, а при более пологих закруглениях только внутренний рельс.

Смазка кладется вручную или специальными смазывающими машинами на боковую поверхность головки рельса, соприкасающуюся с ребордой бандажа. Во избежание скольжения колеса по

рельсу верхняя его поверхность не смазывается. Особенно тщательно требуется очищать и смазывать летом стрелки. Не следует допускать скопления воды на путях.

Уборка снега с путей трамвая в зимнее время причиняет много хлопот и вызывает излишние расходы. Несвоевременная очистка пути от снега подчас служит причиной остановки движения вагонов. Особенно неблагоприятен для трамвая мелкий сухой снег при ветре. При сильных снегопадах очистка путей от снега вручную затруднена и необходимо применять специальные снегоочистители. При хороших усовершенствованных мостовых снегоочистители могут просто иметь впереди себя поперечные, косо установленные отвалы, сгребающие снег вбок от пути. При обычных мостовых и подчас значительных толчках на стыках рельсов более применимы снегоочистители с вращающимися щеточными барабанами. Щетки изготовляют из специального сорта тростника или стального троса. На снегоочистителе устанавливают два барабана: спереди и сзади. Для вращения барабанов снегоочиститель снабжается специально одним или двумя моторами, вращающими щетки при помощи цепей Галля. Щетки могут регулироваться — опускаться или подниматься. С боков площадок вагона пристраиваются кроме того железные отвалы.

На пригородных линиях, идущих в открытых местах, следует для защиты от снежных заносов устанавливать с надветренной стороны в 20—25 *м* от ближайшей нитки пути заградительные щиты обыкновенного железнодорожного типа.

ГЛАВА II
ТОКОСНАБЖЕНИЕ

Трамваи работают обычно электрической энергией постоянного тока. Так как районные тепло- или гидросиловые электростанции вырабатывают электрическую энергию в виде переменного тока, то трамвайные предприятия имеют преобразовательные подстанции для преобразования переменного тока в постоянный. Небольшие трамваи старой постройки кое-где питаются непосредственно от станций постоянного тока, выстроенных специально для трамвайных предприятий.

Постоянный ток трамвайных подстанций передается через подземные питательные кабели в отдельные участки контактной сети. Ток из контактной сети поступает в моторы вагона, приводит их в движение и затем через колеса попадает в рельсовую сеть. Из рельсовой сети ток попадает обратно (как говорят «отсасывается») на подстанции при помощи системы обратных (отсасывающих) кабелей.

1. Необходимые данные для расчета токопроводящей сети трамвая и подстанций

Для расчета токопроводящей сети трамвая и подстанций необходимы следующие данные:

1) схема рельсовых путей данного города с указанием одиночных и двойных линий;

2) тип рельсов на отдельных участках рельсовой сети;

3) существующие или проектируемые трамвайные маршруты и их длины;

4) тип, вес и емкость вагонов;

5) состав поезда (одно-, двух- или трехвагонный);

6) число поездов на отдельных маршрутах и частота отправления (интервалы между поездами);

7) продольные профили всех линий трамвая.

Для средних трамваев обычно выбирается рельс типа «Феникс» № 2 (объединенный) весом 46,6 *кг* в 1 *м* или железнодорожный типа «Виньоль» II весом 38,4 *кг* в 1 *м*.

Тип вагона для дальнейших расчетов примем двухосный, весом: моторный вагон — 13 *т*, прицепной вагон — 8,6 *т*.

Нормальный состав поезда для среднего трамвая следует признать состоящим из одного моторного и одного прицепного вагонов.

При максимальной вместимости вагона в 50 пассажиров и среднем весе одного пассажира в 70 *кг* можно считать полный расчетный вес: моторного вагона — 17 *т*, прицепного вагона — 12 *т*, поезда из двух вагонов — 29 *т*.

Состав поезда на различных маршрутах может быть разный и зависеть от потока пассажиров. Число поездов на маршрутах обусловливается потоком пассажиров и необходимой частотой движения.

Интервал между поездами на маршруте зависит от количества поездов и бывает обыкновенно от 2 до 15 минут.

Количество предоставляемых мест, в соответствии с потоками пассажиров, может регулироваться кроме числа курсирующих поездов еще, как указывалось выше, путем добавления прицепных вагонов.

Если обозначить через:

t — интервал между поездами в минутах,

l — длину маршрута в один конец в километрах,

v — эксплоатационную скорость в *км/час*,

то время пробега маршрута в оба конца составит:

$$T = \frac{l \cdot 2 \cdot 60}{v} \text{ мин.},$$

а число поездов на маршруте будет:

$$n = \frac{T}{t}.$$

Показатели движения, а именно: направление маршрута; длину маршрута; среднюю коммерческую скорость на маршруте; время пробега маршрута в оба конца; интервал между поездами на данном маршруте; число поездов на маршруте; состав поезда и число вагонов на маршруте: моторных и прицепных; средний вес поезда в тоннах — удобно свести в таблицу.

Средний вес поезда в тоннах определяется формулой:

$$P_1 = \frac{P_1 n_1 + P_2 n_2}{n_1},$$

где:

P_1 — вес моторного вагона, равный 17 *т*,
P_2 — вес прицепного вагона, равный 12 *т*,
n_1 — число моторных вагонов на маршруте,
n_2 — число прицепных вагонов на маршруте.

2. Методы расчета токопроводящей сети трамвая

При расчете отдельных составных частей токопроводящей сети трамвая, т. е. питающих кабелей, контактной сети, рельсовой сети и обратных (отсасывающих) кабелей, должны быть соблюдены следующие основные требования:

1) сумма падений напряжения во всей токопроводящей сети не должна превышать 20% нормального напряжения (для длинных участков падение напряжения допускают до 30%); указанное максимально допустимое падение напряжения должно быть кратковременным, так как только при этом условии это падение напряжения не оказывает заметного влияния на среднюю эксплоатационную скорость и не нарушает графика движения вагонов;

2) при выборе величины потери энергии необходимо выяснить те условия, при которых сумма расходов по устройству и сумма ежегодных расходов по эксплоатации линии будет минимальной, т. е. рассчитывать провода с точки зрения экономичности;

3) падение напряжения в рельсовой сети не должно превышать определенных норм, установленных соответствующими организациями, дабы не наблюдалось повышенного вредного действия электролиза водопроводных, газовых труб и пр. так называемыми «блуждающими точками».

Для расчета токопроводящей сети трамвая необходимо определить нагрузки линий. Трамвайные нагрузки, вследствие движения поездов, являются нагрузками переменными как по величине, так и по месту приложения и поэтому падения напряжения в линии будут также переменными. Однако рассчитывать сеть трамвая на максимальные кратковременные падения напряжения, вызываемые наиболее невыгодным расположением нагрузки, было бы очень сложно и потребностью не оправдываемо, так как в условиях трамвайного движения, при большом количестве движущихся поездов, равномерно распределенных по линии, не имеется того положения, которое наблюдается на междугородных электрических дорогах, где тяжелые поезда, сравнительно в небольшом количестве нагружающие сеть, могут вызывать на отдельных участках большие и длительные падения напряжений. Колебание падения напряжений в трамвайной сети значительно меньше, чем на электрических дорогах междугородного типа.

График движения трамвайных вагонов также не может быть так точен, как расписание движения железнодорожных поездов, так как он нарушается уличным движением и переменной длительностью остановок поезда на остановочных пунктах.

Поэтому определение кратковременных наибольших падений напряжения, при наименее выгодном распределении поездов трамвая, в практических расчетах токопроводящей сети трамвая необходимостью не вызывается.

При расчетах трамвайной сети обычно заменяют переменные по величине нагрузки эквивалентными средними токами, отнесенными ко всему периоду движения вагона, причем эти средние токи принимают в виде постоянной нагрузки.

Действительно, если обратиться к основным условиям, которые должны быть соблюдены при расчете сети, то мы увидим, что эти условия увязываются со средними токами:

1) средняя эксплоатационная скорость зависит от среднего напряжения в контактном проводе, а последнее зависит от средних токов, отнесенных ко всему периоду движения;

2) электролиз, вызываемый блуждающими токами, будет зависеть от средней утечки тока из рельсов, которая пропорциональна среднему падению напряжения в рельсовой сети, и, наконец,

3) потеря энергии в сети пропорциональна средней квадратичной силе тока, практически мало отклоняющейся от средней силы тока.

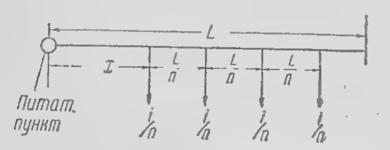


Рис. 38. Расположение питательных пунктов.

Опыт работы показал, что вполне допустимо при расчете трамвайной токопроводящей сети пользоваться средними нагрузками и что при расчете на суммарное среднее падение напряжения не более 10% в отдельных участках сети случайное кратковременное падение напряжения не превышает 20—25% напряжения на шинах подстанции.

Кроме замены переменной нагрузки средним током вагона необходимо найти такое постоянное распределение тока по участку, чтобы получаемое при этом распределение напряжения по участку не отличалось бы или отличалось весьма мало от распределения напряжения при подвижной нагрузке.

Проводимые ниже подсчеты показывают, что если предположить средний ток на участке, отнесенный ко всему периоду движения, равномерно распределенный по участку в виде статической нагрузки, то получаемое при этом максимальное падение напряжения будет мало отличаться от среднего максимального падения напряжения при подвижной нагрузке.

При питании участка с одной стороны

Наибольшее падение напряжения от переменной по положению нагрузки при питании участка с одной стороны (рис. 38) выразится:

$$e_{max} = \left\{\frac{I}{n}x + \frac{I}{n}\left(x + \frac{L}{n}\right) + \frac{I}{n}\left(x + 2\frac{L}{n}\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{I}{n}\left[x + (n-1)\frac{L}{n}\right]\right\} \cdot \frac{1}{\rho S} = \left[Ix + \frac{IL}{2}(n-1)\right]\frac{1}{\rho S},$$

где:

L — длина участка,

n — число поездов на участке,

I — сила тока на весь участок,

$\frac{I}{n}$ — сила тока на один поезд,

$\frac{L}{n}$ — расстояние между поездами,

S — сечение провода в $мм^2$,

ρ — удельное сопротивление провода.

Среднее падение напряжения при изменяющемся x от 0 до $\frac{L}{n}$ будет получено, если проинтегрировать e_x в пределах от $x=0$ до $x=\frac{L}{n}$.

$$e_{сред}=\frac{n}{\rho LS}\int_0^{\frac{L}{n}}\left[I_x+\frac{IL(n-1)}{2n}\right]dx=\frac{n}{\rho LS}\left[\frac{Ix^2}{2}+\frac{IL_x(n-1)}{2n}\right]_0^{\frac{L}{n}}=\frac{IL}{2\rho S}.$$

Если заменить подвижную нагрузку равномерно распределенной неподвижной нагрузкой (рис. 39), то максимальное падение напряжения будет также:

$$e_{max}=\frac{IL}{2\rho S}.$$



Рис. 39. Равномерное распределение нагрузки при питании с одной подстанции.

При питании участка с двух сторон

Если предположить нагрузку равномерно распределенной по участку (рис. 40), то максимальное падение напряжения будет:

$$e_{max}=\frac{IL}{8\rho S}=0,125\frac{IL}{\rho S}. \qquad (1)$$

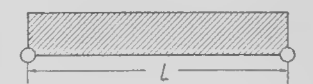


Рис. 40. Равномерное распределение нагрузки между двумя подстанциями.

Если на участке находится одна подвижная нагрузка (рис. 41), то:

$$e_{max}=\frac{I(L-x)x}{\rho SL}=\frac{ILx-Ix^2}{L}\cdot\frac{1}{\rho S}.$$

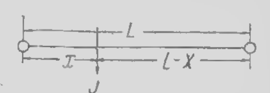


Рис. 41. Питание поезда от двух подстанций.

Среднее падение напряжения получится, если взять интеграл для этого выражения в пределах от $x=0$ до $x=L$, т. е.

$$e_{сред}=\frac{1}{L\rho S}\int_0^L\left(Ix-\frac{Ix^2}{L}\right)dx=\frac{1}{L\rho S}\left(\frac{Ix^2}{2}-\frac{Ix^3}{3}\right)_0^L=$$

$$=\frac{1}{L\rho S}\left(\frac{IL^2}{2}-\frac{IL^3}{3}\right)=0,166\frac{IL}{\rho S}. \qquad (2)$$

Сравнив выражение (2) с выражением (1), увидим, что выражение (2) более чем (1) на 33%.

Однако же при двух вагонах на участке, питаемом с двух сторон (рис. 42), максимальное падение напряжения от подвижной нагрузки будет в точке B

$$e_{max} = \left(\frac{IL}{8} + \frac{Ix}{4} - \frac{Ix^2}{L} \right) \cdot \frac{1}{\rho S}.$$

Повторение падения напряжений будет через период $\frac{L}{4}$.

Поэтому, среднее падение напряжения получится, если проинтегрировать выражение в пределах от $x = 0$ до $x = \frac{L}{4}$.

$$L_{сред} = \frac{4}{L} \int_0^{\frac{L}{4}} \left(\frac{IL}{8} + \frac{Ix}{4} - \frac{Ix^2}{L} \right) \frac{1}{\rho S} dx = \frac{4}{L} \left[\frac{ILx}{8} + \frac{Ix^2}{4 \cdot 2} - \frac{Ix^3}{3L} \right]_0^{\frac{L}{4}} \times$$

$$\times \frac{1}{\rho S} = \frac{4 \cdot IL^2}{L} \left(\frac{1}{32} + \frac{1}{128} + \frac{1}{192} \right) \frac{1}{\rho S} = 0,1355 \frac{IL}{\rho S}. \qquad (3)$$

Выражение (3) отличается от выражения (1) уже только на 8,4%. Если на участке, питаемом с двух сторон, будет 3, 4 и более вагонов, то максимальное падение напряжения от подвижной нагрузки почти не будет отличаться от максимального падения напряжения от равномерно распределенной постоянной нагрузки.

Рис. 42. Питание двух поездов от двух подстанций.

В итоге можно установить, что средний ток, отнесенный ко всему периоду движения вагона по участку, равномерно распределенный по участку, с вполне достаточной точностью характеризует те величины падения напряжений, потери энергии в токопроводящей сети, которые необходимо иметь в виду при расчете сети.

3. Способ расчета нагрузок на отдельных участках трамвайной сети

Обозначим через:

P — вес поезда в тоннах,

A — работу, производимую двигателем на ободе колеса на одну тонну веса поезда при пробеге поездом данного участка сети в обе стороны,

η — коэфициент полезного действия двигателя и передачи,

n — число поездов на участке,

t — интервалы между поездами в минутах; тогда работа на участке, производимая всеми поездами при пробеге в обе стороны, будет:

$$Q_n = \frac{A \cdot P \cdot n}{\eta} \text{ кгм},$$

или же в ватт-секундах:

$$Q_n = \frac{A \cdot P \cdot n \cdot 9{,}80}{\eta} \text{ ватт-секунд.}$$

Время пробега участка поездом равно:

$$b = t \cdot n \text{ минут} = t \cdot n \cdot 60 \text{ сек.}$$

Средняя мощность, потребляемая на участке одним поездом, равна:

$$Q_1 = \frac{A \cdot P \cdot n \cdot 9{,}80}{\eta \cdot b} = \frac{9{,}80}{60} \cdot \frac{A \cdot P}{\eta \cdot t} \text{ вт},$$

или средний ток на один поезд при напряжении 550 *в* у токоприемника будет

$$I_{cp} = \frac{9{,}80}{550 \times 60} \; \frac{A \cdot P}{t \cdot \eta} = 0{,}295 \cdot \frac{A \cdot P}{\eta \cdot t} \cdot 10^{-3} \; a.$$

Если коэфициент полезного действия двигателя с передачей принять $\eta = 0{,}75$, то

$$I_{cp} = 3{,}96 \frac{A \cdot P}{t} \cdot 10^{-4} \; a.$$

Из этого выражения можно определить средний ток для одного поезда на участке, а следовательно и среднюю нагрузку от всех поездов.

Теперь следует остановиться на вопросе определения работы A, производимой двигателем на ободе колеса вагона на 1 *т* веса поезда при его пробеге по расчетному участку в оба конца.

Если вес поезда равен P *т*, путь, пройденный поездом l *м*, сопротивление пути в килограммах на 1 *т* веса поезда f *кг*, средний подъем на участке $i^0/_{00}$, конечная скорость поезда в конце участка v *м/сек*, замедление при торможении в конце участка b *м/сек*^{2}, то двигателями поезда во время пробега этого участка производится работа:

$$A = P(f+i)\,l + \left[\frac{1000}{9{,}80}\, c\, \frac{v^2}{2} - \frac{v^2}{2b}(f+i)\right] \text{ кгм};$$

$$A_1 = P(f+i)\,l + P\,\frac{v^2}{2}\left(\frac{1000}{9{,}80}\, c - \frac{f+i}{b}\right) \text{ кгм},$$

где c — коэфициент, учитывающий увеличение ускоряемой и замедляемой массы поезда вследствие существования вращающихся частей, может быть принят в 1,1.

В этом выражении

$A_1 = P(f+i)\,l$ — работа в килограммометрах, идущая на преодоление сопротивления движению и подъемов

$$A_2 = P\,\frac{v^2}{2}\left(\frac{1000}{9{,}80}\, c - \frac{f+i}{b}\right)$$

энергия в килограммометрах, теряемая в тормозах при остановке. При m остановках в рейсе она будет в m раз больше.

Для определения A_1 все участки рейса делят на два рода:

1) для которых i по абсолютной величине менее f,

2) для которых i по абсолютной величине более f.

Обозначим длины первых участков через l_0 и подъемы на них через i_0, длины вторых участков через l_1 и подъемы на них через i_1.

Для первых участков работа a на 1 *т* веса поезда равна:

при подъеме

$$a_1 = l_0 (f + i_0);$$

при спуске

$$a_2 = l_0 (f - i_0).$$

При пробеге в обе стороны работа равна

$$a = a_1 + a_2 = 2\, l_0 f.$$

Здесь a_1 и a_2 более 0.

Для вторых участков, т. е. для участков, где $i > f$ по абсолютной величине, работа при спуске a_2 будет < 0, но так как трамвайные двигатели не могут обычно отдавать энергию в сеть, то принимается $a_2 = 0$.

Поэтому для этих участков работа, совершаемая двигателями на 1 *т* веса поезда при пробеге в оба конца, будет равна

$$a = l_1 (f + i_1) + 0 = l_1 f + l_1 i_1.$$

Суммируя работы на 1 *т* веса поезда для всех участков данного маршрута, получим

$$A_1 = 2 f \sum l_0 + f \sum l_1 + \sum l_1 i_1, \qquad (3)$$

так как общая длина маршрута в один конец $L = \Sigma\, l_0 + \Sigma l_1$, то выражение (3) можно преобразовать в более удобный для расчетов вид, а именно:

$$A_1 = 2 f (L - \sum l_1) + f \sum l_1 + \sum l_1 i_1 = 2 fL - f \sum l_1 + \sum l_1 i_1. \qquad (4)$$

Величина f — сопротивление пути, принимается обычно в 10 *кгм*.

Для определения A_2 из формулы:

$$A_2 = \frac{v^2 m}{2} \left(\frac{1000}{9{,}81} c - \frac{f + i}{b} \right) \qquad (5)$$

надо задаться начальной скоростью v при затормаживании и замедлением при затормаживании b.

Можно принять $v = 10$ *км/час*; $b = 0{,}6$ *м/сек*^{2}; $c = 1{,}1$.

Требуемый той же формулой средний эквивалентный подъем i определяется как постоянный подъем, который должен был бы существовать на всем маршруте, или участке как при пробеге его в одну, так и в другую сторону для того, чтобы получилось то же значение для работы, какое получается из тягового расчета.

Из соотношения $A_1 = 2L(f+1)$, где L — длина маршрута или участка в метрах, получаем выражение для среднего подъема:

$$i = \frac{A_1}{2L} - f. \qquad (6)$$

Таким образом формулы (3), (5) и (6) служат для расчета работы, производимой на участке двигателями на 1 *т* веса поезда. Практически расчет производится следующим образом:

1) вся сеть трамвая разбивается на расчетные участки, по возможности с однородным профилем, причем границы участков стараются брать на пересечениях линий, узлах, характерных переломах профилей и т. п.; из всей сети трамвая выбирают определенный расчетный участок;

2) устанавливают длину участка L;

3) устанавливают по профилю отдельные части участка, где $i > f$ и устанавливают уклоны на этих частях участка и их длины;

4) устанавливают число перегонов на участке и число пусков;

5) определяют работы A_1 из выражения

$$A_1 = 2fL - f\sum l_1 + \sum l_1 i_1;$$

6) определяют средний подъем i на участке из выражения:

$$i_{cp} = \frac{A_1}{2L} - f;$$

7) определяют

$$A_2 = \frac{v^2 \cdot m}{2}\left(\frac{1000}{9{,}81} \cdot c - \frac{f + i_{cp}}{b}\right);$$

8) определяют работу на 1 *т* веса поезда на участке:

$$A = A_1 + A_2.$$

Пример.

Маршрут № N—N.
Участок a—b.
Длина участка $L = 908$ *м*.
Число перегонов — 2.
Число пусков — 4.

Части участка, где $i > f$		
длина l_1	уклон i_1	$l_1 i_1$
470	16	7520
83	28	2324
106	25	2650
21	54	1134
36	25	900
$\sum l_1 = 716$	—	$\sum l_1 i_1 = 14\,528$

$$A_1 = 2fL - f\sum l_1 + l_1 i = 2 \times 10 \times 908 - 10 \times 716 + 14\,528 = 25\,528 \text{ кгм};$$

$$i_{cp} = \frac{A_1}{2L} - f = \frac{25\,528}{2 \times 908} - 10 = 4;$$

$$A_2 = \frac{mv^2}{2}\left(112{,}13 - \frac{f + i_{cp}}{b}\right) = \frac{10^2}{2} \times 4\left(112{,}13 - \frac{10+4}{0{,}6}\right) =$$

$$= 3{,}83 \times 4 \times \left(112{,}13 - \frac{14}{0{,}6}\right) = 1360 \text{ кгм}.$$

$$A = A_1 + A_2 = 25\,528 + 1360 = 26\,888 \text{ кгм}.$$

Подобным образом рассчитывается работа A для каждого участка.

Для среднего трамвая, при 5—10 маршрутах, приходится проводить до 30—60 и более подсчетов для отдельных участков, в зависимости от разнообразия рельефа местности, на которой расположен город, сложности путевой сети и наложения одних маршрутов на другие.

Зная величину работы A для каждого расчетного участка, легко найти средний ток для участка, пользуясь формулой

$$I_{ср} = 3,96 \frac{A \cdot p}{t} \cdot 10^{-4}\ a,$$

где:

p — средний вес поезда в тоннах.

t — интервал между поездами в минутах.

Найденные таким образом средние токи на каждом расчетном участке увеличивают: на 3—5% — расход на освещение, на 10—15 % — запас на случай снегопадов, на 5—10% — запас на случай излишнего расхода энергии неисправными вагонами (неправильное зацепление шестерен, тугие колодки и пр.).

Окончательные расчетные токи, увеличенные на 25—30% против теоретически выведенных, размещают на чертеже — на схеме сети с расчетными участками, причем так как равномерно распределенную нагрузку можно заменить сосредоточенной в центре тяжести нагрузки линии, то токи намечают в виде стрелок в средине каждого расчетного участка.

При расчете нагрузок сети удобно расчетные данные сводить в табл. 1.

4. Методы расчета падения напряжений в рельсовой сети

Рельсовый путь является обратным проводом для тока и поэтому в нем создается определенное падение напряжения.

Для уменьшения падения напряжения в рельсовой сети требуется увеличение числа обратных кабелей, что повышает первоначальные затраты по капитальным вложениям и проценты на восстановление капитальных вложений.

Недостаточное сечение обратных кабелей увеличивает падение напряжения в рельсовой цепи, способствуя увеличению блуждающих токов.

Поэтому число обратных кабелей и их расположение при данных нагрузках выбирают таким образом, чтобы были соблюдены допустимые нормы падения напряжения в рельсах. Нормы эти установлены (электротехнические правила и нормы) следующие:

1) разность потенциалов между двумя любыми точками разветвлений рельсовой сети, при средних суточных нагрузках (отнесенных к 24 часам), не должна превышать 2,5 *в*;

2) падение напряжения в ответвлениях от рельсовой сети, при средних суточных нагрузках, не должна превышать 1 *в* на 1 *км* пути.

Выбор числа обратных кабелей и их расположения может быть произведен путем прикидки ряда вариантов с определением наивыгоднейшего из них. Обычно стараются размещать точки отсасывания (места присоединения обратных кабелей) в узлах рельсовой сети, па длинных вылетных линиях, причем желательно максимально отдалять места отсасывания от местонахождения подземных металлических трубопроводов.

Для определения падения напряжения в рельсовой сети необходимо знать ее сопротивление.

Если обозначить через:

s — поперечное сечение рельса в $мм^2$,

g — вес 1 пог. *м* рельса в *кг*,

ρ — удельный вес рельсовой стали,

μ — удельное сопротивление рельсовой стали $\frac{\Omega \cdot мм^2}{м}$,

R — сопротивление 1 *км* рельса в омах, то

$$R = \frac{1000}{s} \mu,$$

так как

$$g = \frac{s\rho}{1000} \, кг,$$

то

$$s = \frac{1000\, g}{\rho} \, мм^2.$$

Подставляя значение s в уравнение, получим:

$$R = \frac{1000 \cdot \mu}{\frac{1000 g}{\rho}} = \frac{\rho \mu}{g} \, ом.$$

Таблица 1

Расчетный участок	№№ проходящих по участку маршрутов	Интервал между поездами в минутах t	Средний вес поезда с пассажирами в *т* $P = \frac{P_1 n_1 + P_2 n_2}{n_1}$	Длина расчетного участка в *м* L	Число перегонов на участке $\frac{m}{2}$	Средний подъем на участке $i = \frac{A_1}{2L} - f$ %	Работа на 1 *т* веса поезда на участке в килограммометрах $A = A_1 + A_2$	Средняя теоретическая нагрузка на участке в амперах $I_{cp} = 3{,}96 \frac{A \cdot P}{t} 10^{-4}$		Расчетная нагрузка на участке в амперах $I = 1{,}3\, I_{cp}$
								Для каждого маршрута	Всего	
a—b	N	5	29	908	2	4	26 888	61,8	61,8	80
b—c	N_1	3	17	545	1	2,3	14 078	31,6	66,8	87
c—d	N_2	5	17	1300	3	0	26 732	19,0	25,4	33
d—e	N_3	10	29					16,2		
и т. д.	N_4	10	24					25,4		

Примечание. В табл. 1 для примера занесены расчетные данные для трех участков, из коих на двух участках ab и cd проходят по одному маршруту и на участке bc проходят три маршрута.

Если взять опытные данные для величин ρ и μ, то выведенную формулу можно представить для любого профиля рельса в виде:

$$R = \frac{1,5}{g} \text{ ом.}$$

Наличие стыков увеличивает сопротивление рельсового пути приблизительно на 20%. Поэтому можно выразить сопротивление:

а) для 1 *м* одноколейного пути через

$$R_1 = \frac{1,5 \times 1,2}{2 \times 1000 \cdot g} = \frac{0,0009}{g} \text{ ом;}$$

б) для двухколейного пути через

$$R_2 = \frac{0,00045}{g} \text{ ом.}$$

Зная расположение отсасывающих пунктов и сопротивление пути, определяют для каждого участка:

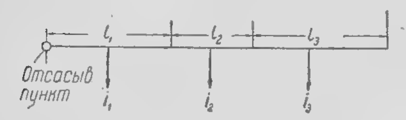


Рис. 43. Отсасывающая цепь.

а) токи, отсасываемые каждым отсасывающим пунктом, между которыми находится данный расчетный участок,

б) точку токораздела в рельсах,

в) максимальное падение напряжения в рельсовой сети на участке и соответствие его нормам.

При расчетах условно принимают потенциал во всех отсасывающих пунктах равным нулю.

При расчетах могут встретиться в основном два случая, а именно:

I. Вылетная линия с отсасыванием тока в одну сторону (рис. 43).

Здесь:

i_1 — нагрузка участка l_1,

i_2 — нагрузка участка l_2,

i_3 — нагрузка участка l_3.

Ток, отсасываемый пунктом, равен $I = i_1 + i_2 + i_3$. Наибольшее падение напряжения:

$$e_{max} = \left[i_3 + \left(\frac{l_3}{2} + l_2 + l_1\right) + i_2 \left(\frac{l_2}{2} + l_1\right) + i_1 \frac{l_1}{2}\right] \frac{0,0009^*}{g}.$$

Для проверки выдержки норм следует полученную величину разделить на $L = l_1 + l_2 + l_3$, т. е. определить падение напряжения на 1 *км* пути:

$$e_{норм} = \frac{e_{max}}{L}.$$

II. Распределение токов на участке, расположенном между двумя отсасывающими пунктами, находится следующим образом.

Предположим, что мы имеем нагрузку i ампер, расположенную на расстоянии l_1 от одного отсасывающего пункта и l_2 от другого

* При одноколейном пути.

(рис. 44). Токи, отсасываемые этими пунктами, обозначим через i_1 и i_2.

Можно сказать, что $i = i_1 + i_2$.

Так как потенциалы в точках отсасывания должны быть одинаковы, то можно написать второе уравнение:

$$xl_1 = yl_2 \cdot i_1 \cdot l_1 = i_2 \cdot l_2.$$

Решая эти два уравнения в отношении i_1 и i_2, получим:

$$i_1 = \frac{il_2}{l_1 + l_2}; \quad i_2 = \frac{il_1}{l_1 + l_2}.$$

Если между пунктами отсасывания имеется не одна, а несколько нагрузок (каждая на соответствующем участке), то можно (рис. 45) определить ток, отсасываемый пунктом O_1:

$$I = \frac{i_3 \frac{l_3}{2} + i_2 \left(l_2 + \frac{l_2}{2}\right) + i_1 \left(l_3 + l_2 + \frac{l_1}{2}\right)}{l_1 + l_2 + l_3} \text{ ампер;}$$

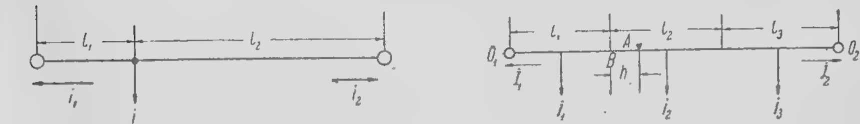


Рис. 44. Отсасывающая цепь. Рис. 45. Отсасывающая цепь.

ток, отсасываемый пунктом O_2:

$$I_2 = i_1 + i_2 + i_3 - I_1.$$

Если $I_1 > i$ и в то же время $I_1 < i_1 + i_2$, то точка токораздела будет находиться где-то в точке A. Расстояние ее от точки B будет

$$L = \frac{l_2 (I_1 - i_1)}{i_2}.$$

Максимальное падение напряжения в точке токораздела A будет:

$$e_{max} = \left[i \frac{l_1}{2} + (I_1 - i_1) \left(l_1 + \frac{L}{2} \right) \right] \frac{0{,}0009}{g}.$$

Полученная величина e_{max} не должна превышать нормы, т. е. 2,5 *в*.

На схематическом плане рельсовой сети наносят:

1) расчетные участки;

2) нагрузки отдельных участков;

3) токоразделы между двумя соседними отсасывающими пунктами;

4) токи, отсасываемые каждым отсасывающим пунктом;

5) распределение потенциала в рельсовой сети, отнесенного к 24 часам.

5. Метод расчета отсасывающих кабелей

Для расчета отсасывающих кабелей необходимо знать нагрузку каждого из них и длину. Нагрузка обратных кабелей в амперах определяется при расчете рельсовой сети путем суммирования обратных токов, стекающихся к данному отсасывающему пункту с разных участков. Длина кабелей определяется в зависимости от расположения подстанций и определяется по плану города.

Расчет сечения отсасывающих кабелей производится (для длинных кабелей) по формуле:

$$S = \frac{IL\,1000}{\rho e},$$

где:

I — сила тока в кабеле в амперах,
L — его длина в километрах,
ρ — 57,
e — падение напряжения в кабеле в вольтах.

Так как потенциалы во всех отсасывающих пунктах должны быть одинаковы, то падение напряжения для всех кабелей должно быть одно и то же. Величину падения напряжения в обратных кабелях необходимо выбрать такой, чтобы стоимость энергии, теряемой в кабеле, ежегодные расходы на погашение капитала, затраченного на кабель, и процент на капитал, были наименьшими.

Если m — стоимость прокладки 1 *м* кабеля в рублях и S — его сечение, то затраты на укладку 1 *м* кабеля будут:

$$M = m + \mu s,$$

где μ — стоимость 1 *м* кабеля на 1 *мм*^{2} сечения меди в рублях.

При $n\%$ ежегодных отчислений в фонд амортизации и на обслуживание кабеля эти ежегодные отчисления составят:

$$N = \frac{Mn}{100} = \frac{(m + \mu s)\cdot n}{100}.$$

Потеря энергии в кабеле обратно пропорциональна его сечению, поэтому стоимость теряемой ежегодно энергии можно выразить так:

$$N = \eta \cdot \frac{1}{s},$$

где η — некоторый коэфициент.

Наивыгоднейшее сечение кабеля будет тогда, когда сумма $(N + N_1)$ будет наименьшей, когда производная от этой суммы, т. е. от

$$\frac{(m + \mu s)\cdot n}{100} + \eta\frac{1}{s}$$

будет равна нулю:

$$\frac{n\mu}{100} - \eta\frac{1}{s^2} = 0.$$

Отсюда

$$\frac{n\mu s}{100} = \eta\frac{1}{s}, \qquad (7)$$

т. е. выражение (7) показывает, что наивыгоднейшее сечение кабеля будет тогда, когда ежегодные расходы на погашение затраченного на кабель капитала, процент на него и обслуживание будут равны стоимости, теряемой в кабеле в год энергии, т. е. когда $N = N_1$.

Для полной длины и сечения кабеля необходимо вместо величины μ взять величину: $\mu \cdot L \times 1000$. Величина μ, по данным практики, может быть для кабелей сечения 310—400 $мм^2$, взята 0,025 руб.

Поэтому величина

$$N = \frac{0{,}025\, n\, Ls \cdot 1000}{100} = 0{,}25\, ns\, L \text{ руб.}$$

Стоимость энергии N_1, теряемой в год в кабеле, выражается так:

$$N_1 = \frac{Ie}{1000} \cdot k \cdot h \text{ руб.},$$

где:

$\frac{Ie}{1000}$ — потеря мощности в киловаттах,

h — число часов работы сети в год,

k — стоимость 1 квт-часа в рублях — около 0,05 руб.

Число часов работы в год, при 18 часах работы (в среднем) в сутки будет:

$$h = 18 \times 365 = 6570.$$

Тогда $N_1 = 0{,}328\ Ie$.

И, согласно ранее изложенному, должно быть:

$$0{,}25\ nsL = 0{,}328\ Ie.$$

Или, так как

$$s = \frac{IL \cdot 1000}{\frac{1}{\rho} \cdot e}; \qquad \frac{1}{\rho} = 57$$

и n можно принять в среднем 18% в год, то:

$$\frac{0{,}25 \times 18 \times 1000}{57} \cdot \frac{IL}{e} = 0{,}328\ Ie$$

или

$$78{,}94\ \frac{IL^2}{e} = 0{,}328\ Ie.$$

Так как полученное выражение верно для всех кабелей, то отсюда:

$$\Sigma\, 78{,}94\ \frac{IL^2}{e} = \Sigma\, 0{,}328\ Ie.$$

Вынося за знак Σ постоянные величины, в том числе и e, будем иметь:

$$78{,}94\ \frac{1}{e}\ \Sigma\, IL^2 = 0{,}328\ e\ \Sigma\, L$$

или

$$e = \sqrt{\frac{78{,}94}{0{,}328}} \times \sqrt{\frac{\Sigma\, IL^2}{\Sigma\, I}} = 15{,}5 \times \sqrt{\frac{\Sigma\, IL^2}{\Sigma\, I}}.$$

ΣI определяется как сумма нагрузок отдельных кабелей. ΣIL^2 определяется как $I_1L_1{}^2 + I_2L_2{}^2 + I_3L_3{}^2 + \ldots + I_nL_n{}^2$, т. е. как сумма произведений нагрузки каждого кабеля на квадрат его длины в километрах.

Определив наивыгоднейшее падение напряжения в обратных кабелях, при данном расположении подстанций и отсасывающих пунктов, определяют по формуле:

$$s = \frac{IL\,1000}{e \cdot \rho}$$

теоретическое сечение меди каждого кабеля.

Так как заводы изготавливают определенные стандартные сечения кабелей, то естественно выбирают ближайшее большое сечение кабеля. При этом, конечно, так как мы отступим от теоретического s, сейчас же изменится и e, которое для каждого кабеля станет несколько отличаться от вычисленной наивыгоднейшей величины, но так как требуется, чтобы падение напряжений во всех кабелях было одинаковым, то в кабели (особенно в короткие), сечение которых рассчитывается по плотности тока, вводятся добавочные реостаты, в целях получения в них требуемого падения напряжения.

Сопротивление этих реостатов определяется по формуле:

$$R = \frac{e - e'}{I},$$

где:

e — наивыгоднейшее падение напряжения,

e' — действительное падение напряжения.

Все расчеты удобно свести в табл. 2.

Таблица 2

Кабель №	Отсасывающий пункт №	Длина кабеля в *км* L	Нагрузка кабеля в амперах I	IL^2	Наивыгоднейшее падение напряжения $e = 15{,}5\sqrt{\frac{\sum IL^2}{\sum I}}$ вольт	Теоретическое сечение кабеля в *мм*² $s = \frac{1000\,IL}{e \cdot \rho}$	Ближайшее сечение кабеля s по ОСТу
1	0_1	2,5	300	1865	26,5	500	500
2	0	3,0	200	1800	26,5	400	400
3	0	1,5	400	1000	26,5	400	400
4	0	2,0	350	1400	26,5	463	500
5	0	1,8	300	972	26,5	357	400
6	0	0,2	600	24	26,5	80	(95)240
7	0	1,0	400	400	26,5	264	300
			$\sum I = 2550$	$\sum IL^2 = 7461$			

Если окажется, что полученное по теоретическому расчету сечение кабеля, взятое по каталогу, будет таково, что нагрузка будет превышать допустимую нагрузку для найденного сечения,

то это указывает на необходимость рассчитать данный кабель не на падение напряжения в нем, а на допустимую плотность тока. Это обычно бывает при коротких кабелях. В эти кабели приходится, для достижения в них нужного падения напряжения, включать добавочные реостаты с большим сопротивлением.

Обычно употребляются освинцованные кабели с волокнистой изоляцией, асфальтированные и бронированные. Стандартные сечения их следующие: 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, 625, 800 *мм*².

Допустимая нагрузка для освинцованных кабелей, проложенных в земле, при 700 вольтах, приведена в табл. 3.

Таблица 3

Сечение в *мм*²	35	50	70	95	120	150	185	240	380	400	500	625	800
Сила тока в амперах	210	260	320	385	450	510	575	670	785	910	1035	1190	1380

6. Расчет контактных проводов

При расчете контактных проводов всю контактную сеть разбивают на отдельные участки. Каждый участок питается отдельным кабелем. Размеры участков выбирают так, чтобы получить нагрузки на участки, не требующие особо больших сечений кабелей. Кроме того, участки, питаемые каждой подстанцией, выбирают с таким расчетом, чтобы сумма токов, отходящих от подстанций, была равна сумме токов, притекающих к подстанции от рельсовой сети.

Местоположение питательных пунктов стараются выбирать вблизи отсасывающих пунктов — для возможности использования отсасывающих кабелей в качестве питающих при аварии последних. В то же время расположение питательных пунктов должно быть наиболее рациональным с экономической точки зрения и с точки зрения распределения нагрузок между подстанциями. Этих условий добиваются путем ряда пробных распределений питательных пунктов с соответствующими подсчетами.

При выборе отдельных участков питания один участок от другого отделяется секционным изолятором, и таким образом питательные провода не представляют собой такой замкнутой системы, как рельсовая сеть, что позволяет более рационально использовать сечение проводов, доводя, по желанию, падение напряжения в проводах до предельной величины.

Совокупность участков, обслуживаемых одной подстанцией, образует район питания этой подстанции.

Если в рабочем проводе какого-либо участка не удается достигнуть такого падения напряжения, которое не превышало бы допустимой величины падения напряжения, то вместо одного провода над каждым путем подвешивают добавочно один или два провода, идущие параллельно контактной сети, соединяющиеся с ней через 100—150 *м*, которые как бы увеличивают сечение контактного провода. Соединение добавочных проводов с основным осуществляется перемычками.

Для расчета контактной сети пользуются тем же методом, как и для расчета рельсовой сети.

Если пункт питания находится в точке A, то в наиболее удаленной точке B от пункта питания (рис. 46) падение напряжения будет:

$$e_{max} = i_1 \frac{l_1}{2} \cdot r + i_2 \left(\frac{l_2}{2} + l_1\right) r + i_3 \left(\frac{l_3}{2} + l_2 + l_1\right) \cdot r$$

или

$$e_{max} = \left[i_1 \frac{l_1}{2} + i_2 \left(\frac{l_2}{2} + l\right) + i_3 \left(\frac{l_3}{2} + l_2 + l_1\right) \right] \cdot r,$$

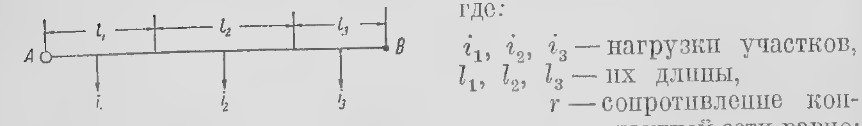


Рис. 46. К расчету напряжения.

где:

i_1, i_2, i_3 — нагрузки участков,
l_1, l_2, l_3 — их длины,
r — сопротивление контактной сети равно:

$$r = \frac{\eta}{sn} = \frac{0{,}017}{s \cdot n},$$

где:

$\eta = 0{,}017$ — удельное сопротивление меди,
s — сечение контактных проводов в $мм^2$,
n — число проводов на участке.

Окончательно e_{max} можно представить так:

$$e_{max} = 0{,}017 \left[i_1 \frac{l_1}{2} + i_2 \left(\frac{l_2}{2} + l_1\right) + \ldots + i_n \left(\frac{l_n}{2} + l_{n-1} + l_1\right) \right].$$

Места присоединения питающих кабелей, участки, нагрузки отдельных участков и распределение падения напряжения в контактной сети наносят на схематический план трамвайной сети.

7. Метод расчета кабелей

Расчет кабелей, после проведения расчета рельсовой контактной сети и обратных кабелей, очень прост.

К кабелям можно полностью применить те рассуждения о наивыгоднейшем в них падении напряжения, которые применимы к отсасывающим кабелям, и доказать, что наивыгоднейшее падение напряжения в кабеле будет:

$$e = 15{,}5 \sqrt{\frac{\sum IL^2}{\sum I}}.$$

Зная величину e, нагрузку кабелей (из расчета контактной сети) и их длину в зависимости от расположения подстанций, теоретическое сечение кабеля будет:

$$s = \frac{IL}{15{,}5 \sqrt{\frac{\sum IL^2}{\sum I}}},$$

где:

L — длина кабеля в метрах,
I — нагрузка кабеля в амперах.

Определив теоретические сечения кабелей по приведенной формуле, подбирают практические, близкие к теоретическим, сечения из каталога.

Выбранные практические сечения кабелей проверяют на допустимую нагрузку.

Определив падение напряжения во всех составных элементах трамвайной сети, подводят итоги расчетов, определяя суммарное падение напряжения для всех отдаленных и характерных точек сети (пункты питания, отсасывания, узлы, ответвления, конечные пункты и пр.). Результаты наносят на схему рельсовой сети, получая диаграмму максимального падения напряжения.

Если наибольшее суммарное падение напряжения в любой точке сети не превышает допустимой нормы (20%), это указывает на правильность выбора сечения проводов, кабелей и пунктов питания и отсасывания.

8. Мощность и число подстанций и их наивыгоднейшее расположение. Выбор мощности преобразователей

Мощность и число подстанций тесно связаны друг с другом. Действительно, при определенной нагрузке сети чем больше число подстанций, тем мощность каждой из них меньше. При выборе мощности и числа подстанций нельзя дать какого-либо определенного метода расчета или формулы, а приходится сообразовываться в каждом отдельном случае с целым рядом обстоятельств.

Прежде всего имеют значение соображения экономического порядка. При малом числе мощных подстанций сокращаются расходы по их обслуживанию, но увеличиваются длина и сечение кабелей и ухудшаются условия питания сети. При большом числе маломощных подстанций увеличивается стоимость зданий подстанций и расходы на их обслуживание (персонал), но сокращаются длины и сечения кабелей.

Кроме того, если число подстанций несоразмерно велико, то они выходят из разветвленной сети города на вылетные линии, что, конечно, уменьшает рациональное их использование.

Надо считать для среднего трамвая нормальную мощность подстанций до 2000—3000 *квт* (с резервом), нормальную длину кабелей до 2000—3000 *м* и сечение их до 400—600 *мм*². Указания эти являются, естественно, сугубо ориентировочными.

Малое количество подстанций требует длинных и толстых кабелей, вызывает в то же время преувеличенное падение напряжения на отдаленных, вылетных, участках.

Для безошибочного подхода к окончательному решению вопроса рекомендуется обычно провести расчеты при нескольких вариантах числа и мощности подстанций и определить для каждого варианта:

а) стоимость питательных и отсасывающих кабелей;

б) стоимость сооружения подстанций;

в) стоимость высоковольтной линии, питающей подстанции;

г) ежегодные эксплоатационные расходы;

д) ежегодные амортизационные отчисления и проценты на капитал.

Эксплоатационные расходы складываются из:

1) стоимости содержания персонала, обслуживающего подстанции и кабельную сеть;

2) стоимости энергии, теряемой в питательных, обратных и высоковольтных кабелях, определяемой выражением:

$$R = \frac{\sum Ie}{1000} \cdot H \cdot r \text{ руб.},$$

где:

I — сила тока в кабеле,

e — падение напряжения в кабеле,

H — число часов работы трамвая в году,

r — стоимость 1 квт-часа энергии в рублях.

При определении стоимости содержания персонала можно ориентировочно принять для каждой подстанции:

1 завподстанцией с годовым окладом 4800 руб.,

4 дежурных монтера с годовым окладом по 2400 руб.,

4 помощника монтера с годовым окладом по 1200 руб.,

1 сторож с годовым окладом 840 руб.,

1 уборщица с годовым окладом 840 руб.

Стоимость обслуживания 1 *км* кабельной сети в год ориентировочно определяется в 120—150 руб.

Амортизационные отчисления для предварительных подсчетов можно взять: кабельная сеть — 4%, здания подстанций — 2%, оборудование подстанций — 7% от сметной стоимости сооружения.

Произведя все подсчеты для ряда вариантов, сравнивают результаты, причем определяют разницу в первоначальных затратах и экономию в ежегодных расходах. Естественно, что наиболее выгодная комбинация этих факторов и будет указывать на тот вариант, на котором следует остановиться.

Расположение подстанций зависит прежде всего, конечно, от конфигурации города и трамвайной сети.

Если город имеет вытянутую форму (например Ростов-на-Дону, Архангельск), то, естественно, подстанции выгодно расположить в одну линию, деля город как бы поперек его на зоны, обслуживаемые отдельными подстанциями. При квадратной форме города напрашивается расположение подстанций (при полном охвате города трамвайными линиями) в центрах четырех квадратов и т. д.

Вообще надо сказать, что расположение подстанций надо делать, сообразуясь в каждом случае с конфигурацией трамвайной сети, стараясь располагать подстанции в местах узлов, центрах нагрузок с таким расчетом, чтобы наиболее выгодно нагрузить каждую подстанцию.

Определив число подстанций и ориентировочное место их расположения, возможно определить уже более точно желательное теоретическое их месторасположение — как геометрическое место центра тяжести нагрузок, приходящихся на данную подстанцию.

Определить центр тяжести нагрузок можно двумя способами: либо при помощи веревочного многоугольника, либо при помощи системы прямоугольных координат. Для определения центра тяжести нагрузок вторым способом сеть трамвая, питаемую какой-либо подстанцией с нанесенными на сети питательными и отсасывающими пунктами, помещают в систему прямоугольных координат и определяют координаты x и y для пунктов питания и отсасывания.

Тогда координаты подстанции (центр тяжести нагрузок) в той же системе координат определяются так:

$$x = \frac{I_1x_1 + I_2x_2 + I_3x_3 + \ldots + I_nx_n}{I_1 + I_2 + \ldots + I_n};$$

$$y = \frac{I_1y_1 + I_2y_2 + I_3y_3 + \ldots + I_ny_n}{I_1 + I_2 + \ldots + I_n},$$

где:

I_1, I_2, I_3 — нагрузки питательных и отсасывающих пунктов в амперах.

Так определяется теоретическое местоположение каждой подстанции.

Естественно, что наивыгоднейшее теоретически определенное место для подстанции может оказаться или занятым, или может оказаться, что город не может разрешить постройку подстанции в этом месте по соображениям планировки, благоустройства и пр. Тогда стараются расположить подстанцию в другом месте, по возможности ближе к теоретически определенному наивыгоднейшему месту.

Трамвайные подстанции, особенно оборудованные ртутными выпрямителями, компактны, бесшумны и могут быть расположены в любом месте, не портя общего стиля построек, не нарушая тишины и чистоты района.

Выше указывалось как определяется нагрузка каждой подстанции в амперах. Эти нагрузки являются средними нагрузками и, следовательно, с р е д н я я мощность подстанции определится так:

$$W_{ср} = \frac{I\,600}{1000}\ квт,$$

где:

I — средняя нагрузка на подстанции в амперах,

600 — напряжение на шинах подстанции в вольтах.

При выборе мощности агрегатов подстанции необходимо руководствоваться данными превышения максимальной нагрузки, возможной на подстанции, над средней нагрузкой подстанции. Если число вагонов на участке не меньше 25—30 единиц, то оказывается, что превышение максимальной нагрузки над средней не превосходит 40—50%.

Так как все виды преобразовательных единиц переносят кратковременную (1 минута) перегрузку в 100% и больше и в течение получаса — 50—60%, то следовательно мощность преобразовательных единиц подстанции можно выбирать по средней мощности подстанции.

Выбор мощности каждого агрегата производится в зависимости от общей средней мощности, типа агрегата и необходимого резерва. Стараются подобрать мощность агрегатов таким образом, чтобы в часы небольшой нагрузки покрывать ее одним или двумя агрегатами и в часы пик добавлять еще один агрегат. Резерв должен составлять не менее 25% мощности подстанции. На маломощных подстанциях резерв достигает 60 и даже 100% (при одном рабочем и одном резервном агрегате).

Наиболее рациональным типом преобразователя для трамвайной подстанции в настоящее время является ртутный выпрямитель. Заводы СССР изготовляют ртутные выпрямители мощностью в 300, 600 и 960 *квт*.

Комбинируя эти мощности, можно получить наиболее экономичное решение вопроса о выборе числа преобразователей.

Однако все же следует указать, что не следует излишне вводить на подстанциях много разных типов, так как это вызывает необходимость в большом количестве запасных частей и усложняет эксплоатацию.

Для трамвайных подстанций средней мощности в настоящее время наиболее употребительным типом является ртутный выпрямитель мощностью в 600 *квт*. Ртутные выпрямители по 300 *квт* устанавливаются на трамваях малой величины и ртутные в 960 *квт* — на подстанциях крупных трамваев.

9. Выбор типа преобразователя

В настоящее время на трамвайных подстанциях для преобразования переменного тока в постоянный употребляются три вида преобразователей: мотор-генераторы, одноякорные преобразователи и ртутные выпрямители.

В последнее время ртутные выпрямители получают все большее и большее применение и вытесняют на подстанциях трамвая другие виды преобразователей. Причиной этого являются значительные технические и экономические преимущества ртутного выпрямителя перед мотор-генераторами и одноякорными преобразователями.

1. Коэфициент полезного действия

Коэфициент полезного действия выпрямителя выше, чем мотор-генератора и одноякорного преобразователя. При более высоком напряжении постоянного тока к. п. д. выпрямителя повышается. Для преобразователей в 300 *квт* при 600 *в* при полной нагрузке

к. п. д. мотор-генератора — около 88%,

к. п. д. одноякорного преобразователя — около 91%,

к. п. д. ртутного выпрямителя — около 92%.

Эти к. п. д. содержат потери как в преобразователе, так и в трансформаторах при первичном напряжении в 6300 *в* (для ртутных выпрямителей и одноякорных преобразователей). С уменьшением мощности преобразователей разность между к. п. д. изменяется в пользу ртутных выпрямителей. При колебаниях нагрузки коэфициент полезного действия ртутного выпрямителя изменяется меньше (табл. 4), чем к. п. д. одноякорного преобразователя, что имеет большое значение при работе подстанции неполной нагрузкой.

Таблица 4

Нагрузка	4/4	3/4	2/4	1/4
К. п. д. ртутного выпрямителя, %	93,0	93,5	93,5	92,4
К. п. д. одноякорного преобразователя, %	93,5	92,7	91,0	86,0

Примерно при 90% нагрузки к. п. д. одноякорного преобразователя и ртутного выпрямителя одинаковы. Устойчивый к. п. д.

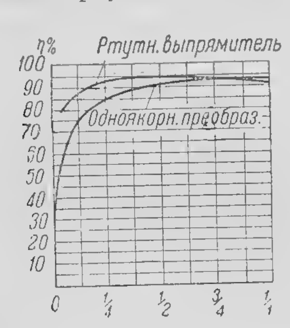


Рис. 47. К. п. д. ртутного выпрямителя и одноякорного преобразователя.

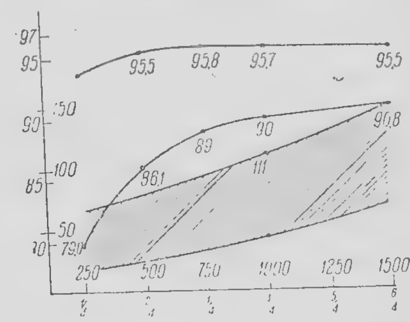


Рис. 48. К. п. д. ртутного выпрямителя и мотор-генератора.

ртутных выпрямителей при значительном колебании нагрузки является важнейшим фактором, стимулирующим внедрение ртутных выпрямителей на подстанциях трамвая, на которых нагрузки сильно колеблются, составляя от 20 до 250% нормальной нагрузки.

Чем меньше средний коэфициент нагрузки установки, питаемой преобразователем, тем годовая экономия, даваемая ртутными выпрямителями по сравнению с одноякорными преобразователями, будет больше.

На рис. 47 даны кривые к. п. д. для ртутного выпрямителя и одноякорного преобразователя одинаковых мощностей.

На рис. 48 представлены кривые к. п. д. для ртутного выпрямителя 1000 *квт* 1500 *в* и мотор-генератора такой же мощности и напряжения.

Из кривых видно, что общая экономия, при работе ртутного выпрямителя против мотор-генератора, составляет 2560 *квт/час* в день или 934 000 *квт/час* в год.

Средний к. п. д. мотор-генератора — 86,1%.

Средний к. п. д. ртутного выпрямителя — 95,5%.

Типовая мощность трансформатора ртутного выпрямителя на 30—40% выше, чем мощность выпрямителя, благодаря чему к. п. д. трансформаторов для ртутников на 1—0,75% меньше, чем у трансформаторов одноякорного преобразователя той же мощности.

Коэфициент полезного действия самого ртутного выпрямителя без трансформатора определяется так:

$$\eta = 1 \frac{24}{\varepsilon + 24},$$

где ε — напряжение постоянного тока.

2. Коэфициент мощности φ

Коэфициент мощности φ у ртутных выпрямителей равен 0,955 для шестифазного выпрямителя, для случая, когда нет перекрытия анодных токов, и определяется не сдвигом фаз, а отклонением кривой первичного тока от синусоидальной формы, и зависит от угла перекрытия. Он остается почти постоянным при нагрузках от $^1/_1$ до $^1/_4$ и равен вместе с трансформатором, измеренный на первичной обмотке трансформатора 0,92—0,94.

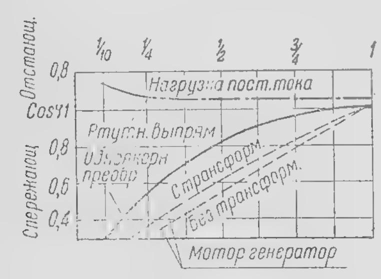


Рис. 49. Кривые cos φ для различного вида преобразователей.

Коэфициент мощности одноякорного преобразователя не только может быть равен единице, но преобразователь может работать и с опережающим безваттным током. Мотор-генератор еще больше обладает способностью нагружаться безваттным опережающим током.

Несмотря на то, что при дифференцированном тарифе на энергию, последняя для одноякорного преобразователя, при нагрузке его емкостным током будет дешевле, чем для ртутных выпрямителей, однако потери в одноякорном преобразователе больше, чем в ртутном выпрямителе, настолько, что экономически более выгодным будет последний. То же относится и к мотор-генератору, имеющему еще большие потери, нежели одноякорный преобразователь.

На рис. 49 даны кривые cos φ для отдельных видов преобразователей.

3. Допустимые перегрузки

В табл. 5 приведены опытные данные сравнительной нагрузочной способности мотор-генератора, одноякорного преобразователя и ртутного выпрямителя.

Таблица 5

Время перегрузки	Допустимый процент перегрузки		
	мотор-генератора	одноякорного преобразователя	ртутного выпрямителя
1 час	40	30	—
$^1/_2$ часа	60	50	25
3 минуты	140	80	100
Толчком	200	150	200

В отношении перегрузочных способностей первенство принадлежит мотор-генератору. Если же сравнить одноякорные преобразователи с ртутными выпрямителями, то окажется, что для трамвайных подстанций, где часто бывают большие мгновенные толчки нагрузок, а перегрузки свыше 20—50% против средней нагрузки не держатся долго, ртутные выпрямители более подходят по перегрузочным способностям, чем одноякорные преобразователи, однако завод «Электросила», изготовляющий ртутные выпрямители, из осторожности, гарантирует перегрузку только: 100% — толчком, 50% — в течение 3 минут и 20% — в течение 20 минут.

4. Параллельная работа ртутных выпрямителей между собой и с другими видами преобразователей

Ртутные выпрямители сравнительно легко включаются и работают параллельно между собой, но с другими преобразователями — вращающегося типа, они могут работать только при условии соответствующего подбора их внешних характеристик.

Нагрузка ртутных выпрямителей делится приблизительно поровну между ртутниками одинаковых мощностей при одинаковой схеме и одинаковых напряжениях короткого замыкания силовых трансформаторов.

Регулирование напряжения постоянного тока ртутных выпрямителей связано с значительным усложнением схемы установки и требует применения потенциал-регуляторов, переключателей на вводах трансформатора и других сложных аппаратов. В тех случаях, когда требуется регулировать напряжение в широких пределах, останавливаются на мотор-генераторах. Трамвайные подстанции не требуют строгого регулирования напряжения, а поэтому обычно никаких способов регулирования напряжения постоянного тока ртутных выпрямителей на трамвайных подстанциях не применяется.

При работе вращающихся преобразователей параллельно с ртутными выпрямителями, последние рационально использовать для снятия «пик» нагрузки.

5. Чувствительность выпрямителей к коротким замыканиям и к колебаниям напряжения и периодичности питающей сети

Короткие замыкания в сети, питаемой преобразователем, лучше переносятся ртутными выпрямителями, чем одноякорными преобра-

зователями, где они нередко вызывают круговой огонь на коллекторе. Повышенный реактаж трансформаторов ртутных выпрямителей делает короткие замыкания в сети еще менее опасными для выпрямителей.

Кроме коротких замыканий в трамвайной сети ртутники подвержены коротким замыканиям в самом выпрямителе — между анодами.

Для предотвращения повреждения ртутных выпрямителей от коротких замыканий употребляются быстродействующие автоматы, которые мгновенно отключают дефективный выпрямитель.

Колебания напряжения и периодичности в питающей сети переменного тока не отзываются на работе ртутных выпрямителей, в то время, как в одноякорных преобразователях колебания напряжения вызывают безваттные токи, отключающие эти преобразователи от сети, а колебания периодичности выводят преобразователи из синхронизма. На мотор-генераторе эти колебания напряжения и периодичности сказываются меньше.

6. Управление работой преобразователей и условия труда обслуживающего персонала

При сравнении сложности обслуживания подстанций играет роль пуск в ход преобразователей, сложность обслуживания их в работе, надежность отдельных вспомогательных устройств, возможность автоматизации тех или иных процессов управления, безопасность обслуживания и наличие шума и выделения тепла машинами.

Наиболее прост пуск в ход мотор-генераторов, пускаемых как асинхронные моторы с помощью пускового реостата.

Пуск в ход одноякорных преобразователей, даже более усовершенствованными способами (асинхронный пуск и пуск по системе Розенберга), чем посторонним двигателем с синхронизацией, все же значительно сложнее, чем пуск ртутного выпрямителя. Во время работы ртутника обслуживающий персонал освобождается от забот по уходу за подшипниками, но должен бдительно следить за вакуумом и температурой, регулируя охлаждение ртутных выпрямителей.

Необходимость наличия и безусловно исправного действия вакуумной и охладительной установок является слабым местом ртутной подстанции. Правда, при надлежащем устройстве эти установки могут работать достаточно надежно.

Необходимо указать, что все развивающаяся автоматизация управления подстанциями наиболее легко осуществляется при оборудовании их ртутными выпрямителями и как раз управление вакуумной установкой и регулирование охлаждения автоматизируются легко и удачно.

Автоматизация подстанции с одноякорными преобразователями не имеет такого распространения, как автоматизация ртутно-выпрямительных подстанций, благодаря более сложной автоматике.

Условия труда при обслуживании ртутных выпрямителей несравненно лучше, чем при вращающихся преобразователях. Ртутные

выпрямители работают совершенно бесшумно и поэтому в машинном зале ртутной подстанции нет постоянно раздражающего шума, существующего при вращающихся преобразователях. Отсутствие смазки подшипников позволяет держать машинный зал в абсолютной чистоте.

Обслуживание ртутных выпрямителей несколько усложняется специфической особенностью этих преобразователей — у ртутных выпрямителей при их работе корпус выпрямителя и трубы водяного охлаждения находятся под полным напряжением постоянного тока, что требует осторожного и умелого обращения и соблюдения правил и мер безопасности при установке и обслуживании выпрямителей.

7. Влияние тяговых сетей на линии слабого тока

Сеть переменного тока, питающая выпрямители, в большей степени мешает работе, проходящей вблизи линии слабого тока, чем это имеет место при питании одноякорных преобразователей, благодаря наличию в выпрямителях вольтовой дуги, которая создает токи высших гармоник в питающей выпрямители сети переменного тока.

Одновременно в постоянном токе, подаваемом ртутными выпрямителями, также находятся гармоники, индуктирующие шумовые токи в линиях слабых токов (связи) и мешающие их работе, если эти линии проходят вблизи сети трамвая.

8. Первоначальные затраты на сооружение здания подстанций и их оборудование

Одной из важнейших причин быстрого развития ртутных выпрямителей для выпрямления тока на трамвайных подстанциях является относительно меньшая их стоимость по сравнению с мотор-генераторами и одноякорными преобразователями.

Стоимость мотор-генераторов, одноякорных преобразователей и ртутных выпрямителей одинаковой мощности и напряжения (600 *квт* при напряжении 600 *в*) по ценам 1933—1934 гг. составляет:

Мотор-генератор с пусковым и шунтовым реостатом — 62 000 руб.
Одноякорный преобразователь с трансформатором — 40 000 руб.
Ртутный выпрямитель с трансформатором — 27 000 руб.

Таким образом стоимость одноякорного преобразователя на 45% и мотор-генератора на 128% дороже стоимости ртутного выпрямителя.

Кроме того, ртутные выпрямители не требуют фундаментов, тяжелых подъемных кранов и занимают меньше места, нежели другие преобразователи той же мощности, благодаря чему несколько сокращается потребная кубатура здания. Это еще более уменьшает первоначальные затраты на постройку и оборудование подстанции, снабженной ртутными выпрямителями, по сравнению с подстанциями, оборудованными мотор-генераторами или одноякорными преобразователями.

10. Физические основы ртутного выпрямителя

Прохождение тока между двумя металлическими электродами в разряженном пространстве возможно только в том случае, если один из электродов имеет достаточный накал. Если взять сосуд (рис. 50), из которого выкачан воздух, поместить в нем два электрода — один в виде вольфрамовой нити K и другой в виде пластины A — и накалить вольфрамовую нить при помощи источника постоянного тока, то по мере увеличения накала нити от красного до белого каления прохождение тока между электродами будет все более и более увеличиваться. При этом основная цепь тока должна быть присоединена таким образом, чтобы к холодному электроду был подведен плюс и к горячему — минус основного источника тока AB.

При обратном включении, несмотря на белый накал нити, прохождения тока не будет, т. е. ток пропускается между анодами только в одном направлении. Раскаленный электрод служит катодом и холодный — анодом. Объясняется данное явление тем, что раскаленное тело излучает отрицательно заряженные электроны, которые устремляются к положительному аноду. Для поддержания положительного напряжения на аноде необходимо непрерывное питание его от плюса источника тока.

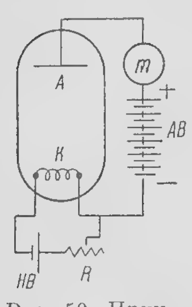


Рис. 50. Принципиальная схема ртутного выпрямителя.

Если анод раскалится до температуры, при которой он также начнет излучать электроны, описанный прибор начнет пропускать ток в обоих направлениях и переменный ток не будут им выпрямляться.

Кроме дугового разряда в корпусе выпрямителя возможен и так называемый «тихий разряд». Тихий разряд происходит при холодном катоде и сопровождается большим катодным падением напряжения — до 450 *в*. При этом анод становится катодом и ток проходит в обратном направлении. Нормально при хорошем вакууме ток этот очень мал и выражается миллиамперами.

Если давление паров ртути по тем или иным причинам увеличивается, то увеличивается плотность тока тихого разряда, что вызывает появление катодного раскаленного, излучающего электроны, пятна на аноде и обратное зажигание.

Предварительный накал катода производится вспомогательным устройством при помощи так называемого анода зажигания, который приводится в соприкосновение с катодом (ртутью) и затем, разрывая цепь зажигания, вызывает дугу, при помощи которой образуется раскаленная точка на катоде с температурой около 3000° С.

Рабочий ток выпрямителя поддерживает все время температуру раскаленного пятна катода, имеющего величину при 1000 *а* около 25 $мм^2$, при плотности тока до 4000 $а/см^2$. Из всей энергии (5,2 *в* на 1 *а*), тратящейся на поддержание горения дуги, около 50% расходуется на тепловое излучение катодного пятна, около

40% на испарение ртути и небольшой процент на световое излучение.

Испарение ртути происходит в размере 0,0072 *г* на 1 *а* в секунду. Накал катодного пятна поддерживается при силе тока 2—5 *а*. При уменьшении силы тока или перерыве тока хотя бы на 0,00001 сек. дуга гаснет. Тогда требуется вновь производить зажигание. Во избежание этого устраиваются специальные аноды возбуждения, все время работающие при минимальной, необходимой для поддержания дуги, силе тока.

Ртуть является наилучшим материалом для катода. Ртуть в холодном состоянии представляет собой жидкость и при испарении она конденсируется на стенках сосуда-выпрямителя и вновь стекает в катодную чашку. Ртуть очень удобна для получения дуги в начале зажигания. Под влиянием температуры ртуть испаряется с поверхности катода. Пары заполняют сосуд и создают некоторое небольшое давление. Это давление паров ртути не вредит выпрямителю, если оно не превышает некоторого предела. Наоборот, ртутные пары способствуют лучшей проводимости между анодами и катодом. Если бы в сосуде выпрямителя был просто вакуум без паров ртути, то было бы большое падение напряжения в дуге. В ртутных парах это падение напряжения выражается 16—25 *в*. Наименьшее падение напряжения в парах ртути будет при некотором среднем давлении. Падение напряжения увеличивается при малой и большой силе тока на несколько вольт. Таким образом, повышаясь лишь на несколько вольт при максимальной и минимальной силе тока, падение напряжения почти не зависит от нагрузки выпрямителя, а следовательно к. п. д. выпрямителя не зависит от его нагрузки.

Так как падение напряжения в ртутной дуге не зависит от напряжения постоянного тока, то к. п. д. выпрямителей, работающих при более высоком напряжении со стороны постоянного тока, будет выше.

Во избежание чрезмерного повышения давления паров ртути от повышения температуры, что может вызвать обратное зажигание, и во всяком случае увеличивает падение напряжения в ртутной дуге, применяют интенсивное охлаждение. В мощных ртутных выпрямителях применяется водяное охлаждение, так как например у ртутника в 600 *квт* тепло превращается 20—25 *квт*.

Ртутный выпрямитель может исправно работать только при надлежащем высоком вакууме, который при температуре 25—40° C его металлических частей должен быть от 0,01 до 0,001 *мм* ртутного столба. Внутри ртутника не должно быть никаких посторонних газов. Воздух и выделяющиеся из стенок выпрямителя газы выкачиваются специальными насосными установками.

Детали сосуда-выпрямителя, проходящие сквозь его стенки внутрь выпрямителя (анодные вводы и пр.), должны быть настолько уплотненно сделаны, чтобы воздух не смог проникнуть внутрь.

Проникающий внутрь воздух и другие газы повышают падение напряжения внутри выпрямителя, вызывают обратные зажигания,

окисляют электроды и другие детали и выводят из строя выпрямитель на более или менее продолжительное время. Хорошая конструкция ртутного выпрямителя должна обеспечивать его воздухонепроницаемость, надежную насосную систему для откачки воздуха и других газов, надежное устройство зажигания и возбуждения, хорошее охлаждение и минимальную возможность обратных зажиганий.

Электроны, направляющиеся от катода к анодам, встречают на своем пути молекулы ртути и ионизируют их. Положительные ионы, образующиеся вследствие ионизации, устремляются обратно к катоду сходящимся пучком, поддерживая раскаленным катодное пятно. Температура ртути вокруг пятна 120—90° С.

Если против катода поместить несколько (шесть, двенадцать) анодов, присоединить их к фазам трансформатора (рис. 51), а нуль трансформатора через сеть трамвая присоединить к катоду, то в цепи «катод—нуль трансформатора» пойдет ток одного направления, т. е. постоянный. Дуга в парах ртути будет от катода устремляться к тому из анодов, который имеет в данный момент наивысший потенциал и будет перебегать по анодам, выполняя роль как бы синхронного переключателя.

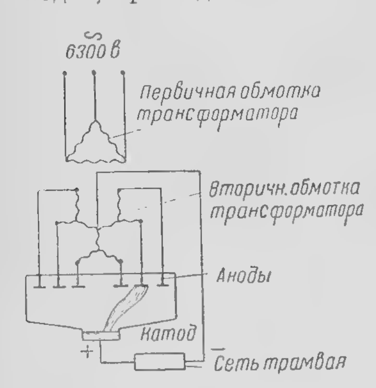


Рис. 51. Схема шестифазного выпрямителя.

Потенциал катода в это время будет изменяться по верхней волнообразной кривой, образующейся от кривых напряжений отдельных фаз многофазной системы. Как видно, напряжение выпрямленного тока будет пульсировать в известных пределах. Чем больше число фаз, тем эта пульсация меньше. В шестифазном выпрямителе пульсация равна 5% и не сказывается на работе сети.

Катод является следовательно положительным полюсом цепи постоянного тока, а нуль трансформатора — отрицательным.

Среднее напряжение выпрямленного тока зависит от действующего значения фазного напряжения и эта зависимость выражается так

$$E = \frac{\overset{\backsim}{E}\sqrt{2}}{\frac{2\pi}{n}} \int_{\frac{-\pi}{n}}^{\frac{+\pi}{n}} \cos dx = \overset{\backsim}{E}\sqrt{2}\,\frac{\sin\frac{\pi}{n}}{\frac{\pi}{n}},$$

где:

E — среднее напряжение выпрямленного тока,

$\overset{\backsim}{E}$ — действующее значение фазного напряжения,

n — число фаз.

Примечание. Падение напряжения в ртутной дуге не принято во внимание. На самом деле E на 18—25 *в* меньше

Для шестифазного выпрямителя $E = 1{,}35 \overset{\backsim}{E}$.

Каждый анод выпрямителя в течение $\frac{1}{n}$ части периода несет полный выпрямленный ток I. Среднее значение этого тока равно $\frac{I}{n}$, а для шестифазного выпрямителя $\frac{i}{6}$.

Однако действующее значение фазного (анодного) тока будет:

$$I_{действ} = \sqrt{\frac{I^2 \, 2\pi}{2\pi}} = \frac{i}{\sqrt{n}}.$$

Тот же ток идет в фазах вторичной обмотки трансформатора. Так как действующее значение тока больше среднего выпрямленного тока, то мощность трансформатора должна быть на 50% больше мощности подаваемого постоянного тока. Действительно, мощность во вторичной обмотке трансформатора, т. е. напряжение холостого хода, умноженное на силу тока при полной нагрузке, равна:

$$\overset{\backsim}{W} - nE\overset{\backsim}{I} = nEi \frac{\frac{\pi}{n}}{\sqrt{2}\sqrt{n}\sin\frac{\pi}{n}} = Ei \frac{\sqrt{\frac{n}{2}}}{\frac{n}{\pi}\sin\frac{\pi}{n}}.$$

Мощность выпрямленного тока равна:

$$\overset{=}{w} = Ei.$$

Поэтому:

$$\overset{\backsim}{W} = \overset{=}{w} \frac{\sqrt{\frac{n}{2}}}{\frac{n}{\pi}\sin\frac{\pi}{n}}.$$

Ток первичной обмотки трансформатора определяется по току вторичной обмотки в зависимости от схемы трансформатора. Полусумма номинальных мощностей первичной и вторичной обмоток трансформатора будет **типовой мощностью трансформатора**.

Обычная схема соединений обмоток трансформатора:

первичная — звезда,

вторичная — звезда — двойной зигзаг.

Каждый анод работает 1/6 часть периода.

Реакция рассеяния трансформатора препятствует мгновенному переходу дуги с анода на анод и поэтому коммутация несколько искажается. При нагрузке выпрямителя кривая напряжения идет по кривой полусуммы двух фаз и поэтому, вследствие несинусоидальной формы анодного тока, падение напряжения выпрямленного тока не равно напряжению короткого замыкания трансформатора, а составляет:

$$e = 0{,}87 \div 1{,}33\, e_к,$$

где:

e — падение напряжения на стороне выпрямленного тока,
$e_к$ — напряжение короткого замыкания трансформатора.

Поэтому при расчете шестифазных трансформаторов определение вторичного напряжения делают по формуле:

$$\overset{\backsim}{E} = \frac{E + E\cdot 1{,}33\frac{e_к}{100} + e}{1{,}35}.$$

Токи определяются по формуле:

$$\overset{\backsim}{I} = \frac{i}{\sqrt{6}}.$$

Для основных типов ртутных выпрямителей в 300, 600 и 960 *квт*, выпускаемых у нас в СССР, в настоящее время для трамвайных подстанций ВЭО дает следующие данные:

Тип трансформатора	E вольт	i амп.	$\overset{=}{w}$ квт.	$\overset{\backsim}{w}$ ква	$\overset{\backsim}{I}$ амп.	$e_к$ %
ГМ 560/20	600	500	300	350	205	3,2
ГМ 1000/20	600	1000	600	700	410	4,6
ГМ 1800/35	600	1600	960	1120	655	4,8

11. Типы и конструкция металлических ртутных выпрямителей.

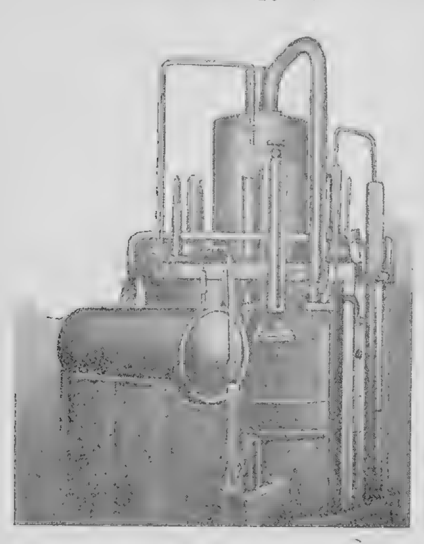


Рис. 52. Ртутный выпрямитель РВ-10.

Способ преобразования переменного тока в постоянный, при помощи ртутного выпрямителя, был предложен еще в 1901 г. Cooper Hewitt'ом. Первые ртутные выпрямители были стеклянные и малых мощностей. Для получения больших мощностей стеклянные колбы не годились, а металлические корпусы, обладающие герметичностью, не умели долгое время изготовлять. Только после введения усовершенствованной вакуумной системы, после долгого и упорного труда был выпущен первый металлический выпрямитель промышленного значения.

После изобретения ртутных вакуумных насосов начинается усиленное развитие ртутных металлических выпрямителей.

Начало изготовления металлических ртутных выпрямителей в СССР относится к 1924 г. Завод «Электросила» изготовляет металлические ртутные выпрямители нормальных типов:

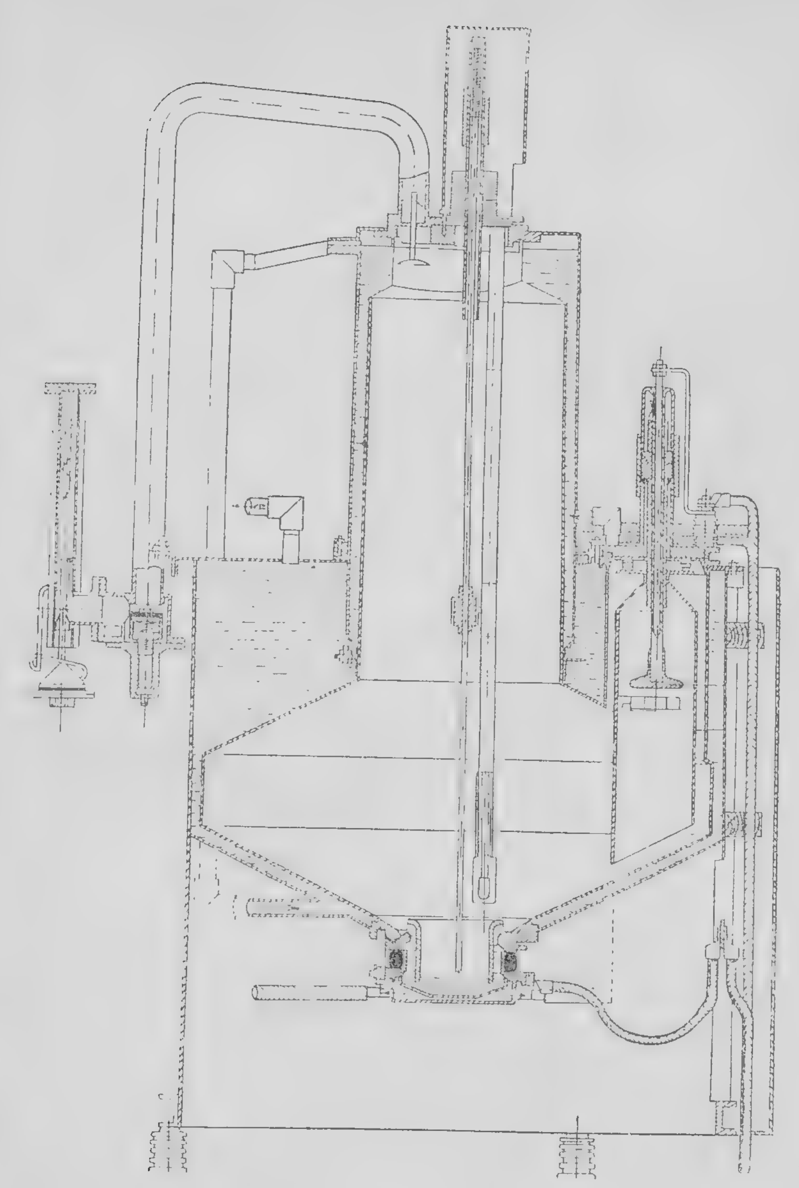


Рис. 53. Разрез ртутного выпрямителя РВ-10.

тип РВ-5, мощностью 300 *квт*,
тип РВ-10, мощностью 600 *квт*,
тип РВ-16/20, мощностью 960 *квт*.

На рис. 52 представлен общий вид выпрямителя типа РВ-10.

В декабре 1933 г. на подстанции Москва-Рогожская жел. дороги им. Ф. Дзержинского был испытан первый советский ртутный выпря-

мптель на 3000 *в*, выпущенный заводом «Электросила». Выпрямитель работал с длительной мощностью в 2000 *квт*, с кратковременной перегрузкой до 3200 *квт*. Испытание дало положительные результаты. Ртутные выпрямители завода «Электросила» на 3000 *в* предназначаются для электрификации магистральных железных дорог СССР, освобождая страну от импорта заграничных ртутников.

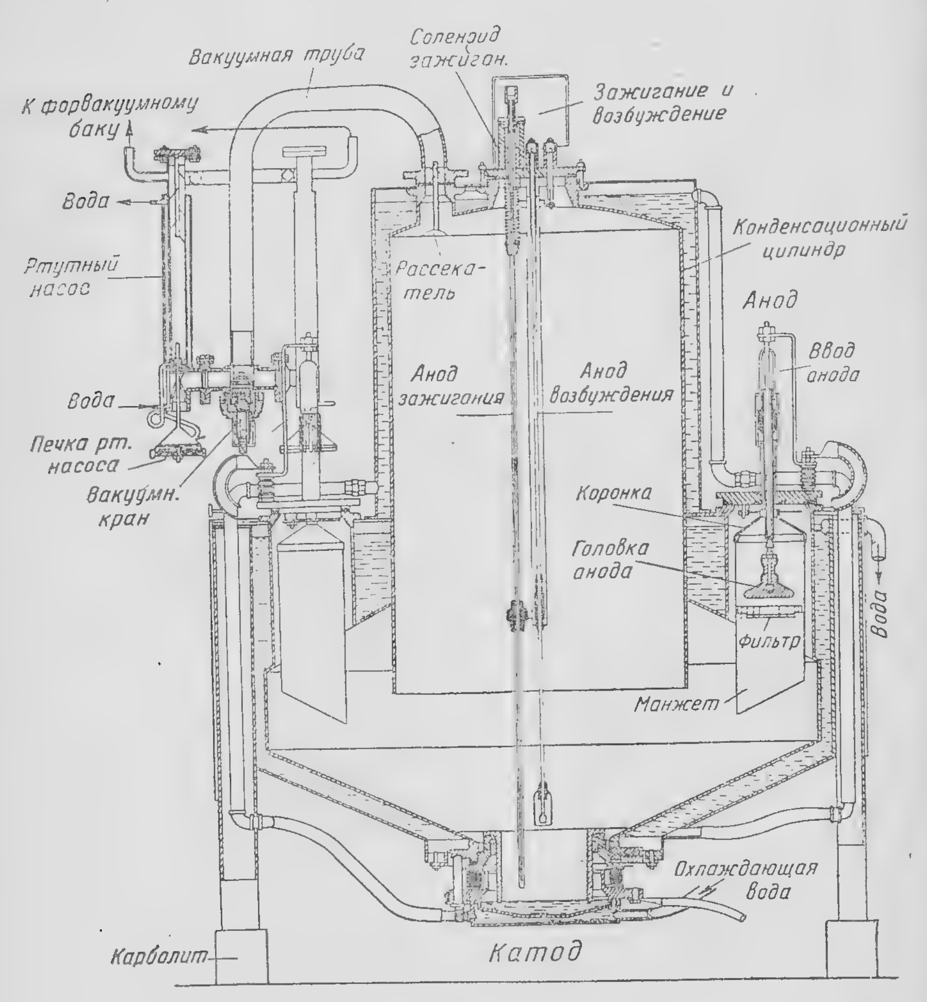


Рис. 54. Разрез ртутного выпрямителя РВ-20.

На рис. 53 представлен разрез ртутного выпрямителя типа РВ-10 завода «Электросила».

Корпус выпрямителя состоит из вакуумного корпуса и конденсационной камеры. Снизу к катодному фланцу укрепляется катод. Корпус изготовляют из железных листов при помощи сварки.

В анодные рукава, через анодные изоляторы, вводятся аноды, изготовленные из мягкого железа. Аноды защищены анодными манжетами. Анодных вводов 6 штук. В центре расположены анод зажигания, управляемый соленоидом зажигания, и два анода возбуждения.

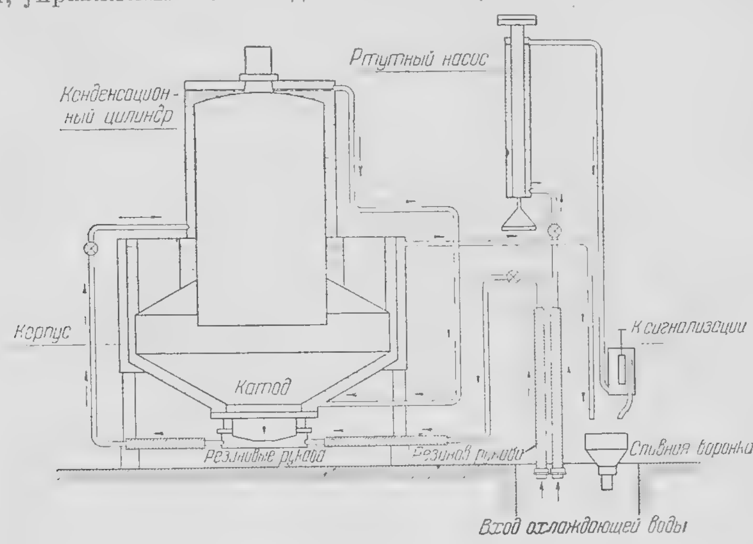


Рис. 55. Схема охлаждения ртутного выпрямителя РВ-20.

Корпус выпрямителя заключен в металлическую водяную рубашку. Вода омывает вначале катод, затем конденсационную камеру и потом уже среднюю часть корпуса выпрямителя. Вода, охлаждающая ртутный насос, ответвляется от главного потока воды при помощи тройника с краном. Расход воды составляет для всех типов около одного литра на 1 *a* выпрямленного тока при *t* воды 15° C.

На рис. 54 представлен разрез ртутного выпрямителя типа РВ-20 и на рис. 55 — схема его охлаждения.

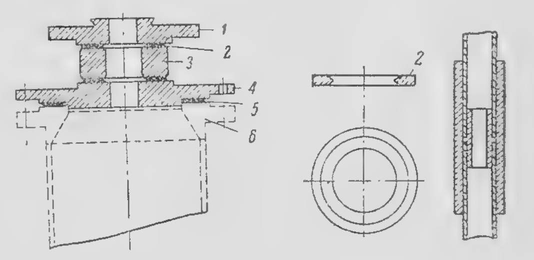


Рис. 56. Уплотнение вводов ртутных выпрямителей завода «Электросила».

Особо важное значение для надежности выпрямителя имеют уплотнения различных вводов внутрь вакуумного корпуса. Завод «Электросила» выполняет уплотнения (рис. 56) в виде зажимаемого между плоскостями резинового кольца *2* из специальной резины, обжатой металлической лентой. Между металлическими фланцами помещается фарфоровая шайба *3*. Для уплотнения соединений двух труб употребляется резиновая трубка.

Главные аноды представлены для типов выпрямителей РВ-10 и РВ-20 на рис. 57. Часть анодного ввода, прилегающая

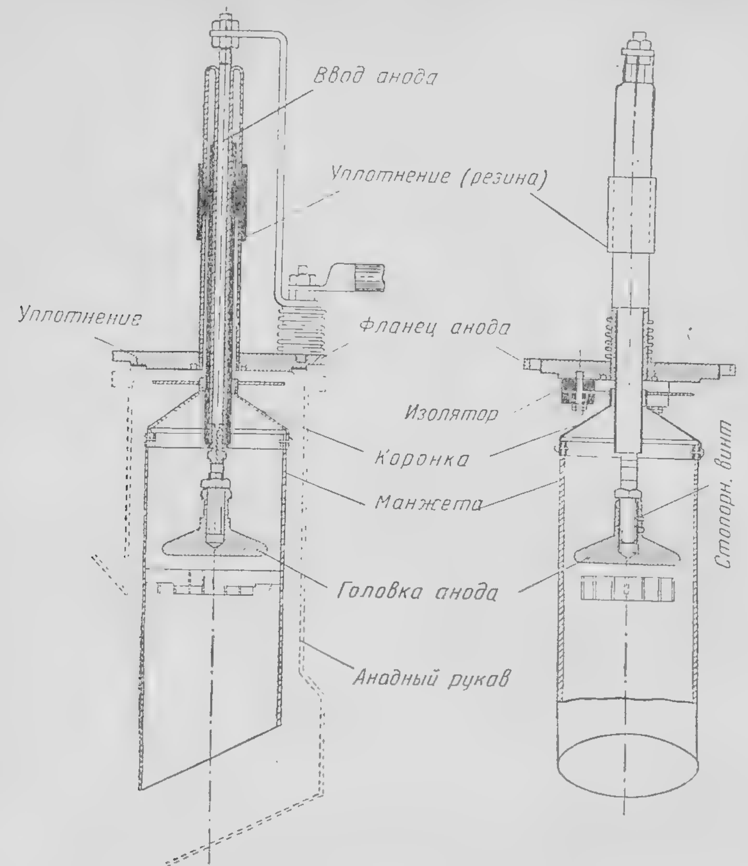


Рис. 57. Анод ртутного выпрямителя РВ-20 и РВ-10.

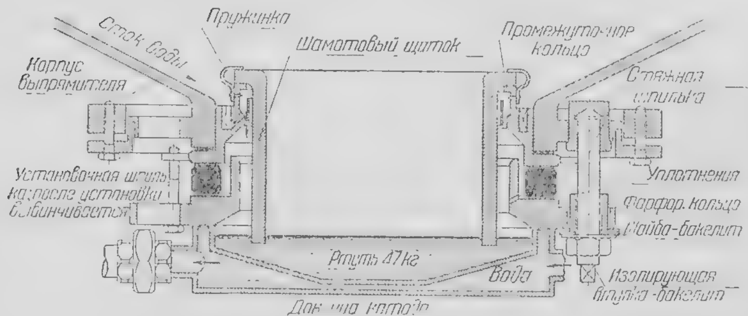


Рис. 58. Катод ртутного выпрямителя РВ-20.

к шайбе анода, получает потенциал постоянного тока, а часть (стержень ввода) — потенциал фазного тока. Поэтому трубка ввода

разделена утолщением анодного изолятора на две части и в месте раздела насажено резиновое кольцо. Токопроводящий стержень касается внутренней части трубки ввода только в нижней части; по всей же остальной длине он не соприкасается с трубкой ввода. Потому теплота стержня в очень малой степени доходит до уплотняющей резины и не нарушает уплотнения. Сборка ввода очень проста.

Анод защищен манжетой от попадания на него конденсированной ртути. Манжета подвешена изолированно. Для поглощения свободных ион перед анодом устанавливается сетка.

На рис. 58 представлен катод выпрямителя РВ-20. Катод изолируется от вакуумного корпуса. Шамотовый щиток отделяет рабочую поверхность ртути от металлической стенки катодной чашки. При помощи пружинки шамотовый щиток укрепляется на промежуточном кольце. В этом кольце имеется канавка, в которую стекает ртутный конденсат, и затем, фильтруясь через узкие дырочки, ртуть стекает в катодную чашку.

Цепь зажигания и возбуждения выпрямителя питается от специального трансформатора. На рис. 59 показана схема возбуждения и зажигания выпрямителей завода «Электросила». Трансформатор возбуждения и зажигания присоединяется к сети 110—220 вольт.

Рис. 59. Схема зажигания и возбуждения ртутного выпрямителя завода «Электросила».

При включении трансформатора ток пойдет через соленоид зажигания, так как контакты реле замкнуты. Соленоид втягивает анод зажигания в ртуть, причем одновременно соленоид зажигания шунтируется через ртуть, ослабляет его действие и пружинка возвращает анод в прежнее положение. В момент выхода анода зажигания из ртути появляется дуга, которая перебрасывается на аноды возбуждения. Выпрямленный ток проходит от катода через катушку реле и размыкает контакты реле, а тем самым и анод зажигания. Аноды возбуждения работают во все время действия выпрямителя.

Для поддержания вакуума внутри корпуса ртутного выпрямителя в 0,01—0,001 *мм* ртутного столба употребляются насосы — форвакуумный (масляный) и вакуумный (ртутный).

Схема ртутного выпрямителя вакуумной системы завода «Электросила» представлена на рис. 60. Ртутный насос через вакуумный кран соединен с выпрямителем. С другой стороны ртутный насос через форвакуумный бак соединяется с масляным насосом.

Ртутный насос (рис. 61) работает по принципу эжектора. Ртуть, находящаяся в насосе, подогревается электрическим током. Пары ртути, выходя из сопла, захватывают частицы воздуха. Пары ртути конденсируются на стенках насоса, охлаждаемых водой, и стекают

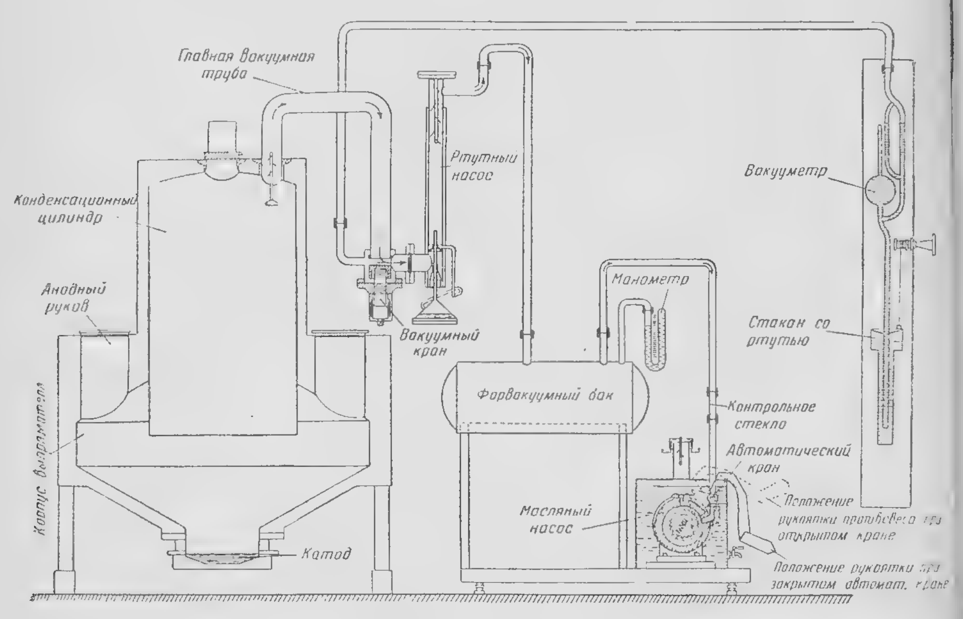


Рис. 60. Схема вакуумной системы ртутного выпрямителя завода «Электросила».

обратно в электрическую плитку, а воздух выталкивается в форвакуумный бак. Производительность насоса 3000 $см^3/сек$. Расхода ртути нет.

Подогревается ртутный насос от специального трансформатора. Расход энергии 0,22—0,40 *квт*. Ртутный насос дает эффект только тогда, когда форвакуумный насос создает для него определенную степень разрежения.

Форвакуумные насосы завод «Электросила» строит вращающиеся, системы ГЕДЭ (рис. 62). Насос состоит из барабана с лопатками, распираемыми внутри пружиной. Лопатки входят в паз, имеющийся в корпусе насоса. Барабан расположен эксцентрично. При вращении лопатки захватывают воздух и гонят его к выхлопному отверстию. При остановке насоса или падении числа оборотов автомати-

чески закрывается кран. Диск 2 (рис. 63) насажен глухо на валу, а диск 3 — свободно. При быстром вращении, благодаря сцеплению частиц масла, диск 2 увлекает диск 3 и открывает связанный с ними кран. Наоборот, при медленном вращении перевешивает груз и кран закрывается.

Для измерения вакуума завод «Электросила» применяет пока только вакуумметры Мак-Леода. Для отсчета по этому вакуумметру стакан с ртутью при помощи струны поднимается до тех пор, пока ртуть в правом капилляре достигнет высоты конца левого капилляра.

Воздух, заполнявший расширенную часть стеклянного сосуда вакуумметра, сжимается, занимая малый объем. Разность уравнений ртути показывает первоначальное давление в ртутном выпрямителе, увеличенное во много раз путем сжатия газов ртутью. Шкала вакуумметра Мак-Леода видна на рис. 64. Шкала *A* дает достаточно точные показания в пределах от 0 до 0,040 *мм* ртутного столба. При вакууме хуже 0,040 пользуются шкалой *B*, которая проградуирована равномерно.

Шкала *C* употребляется в пределах от 0 до 0,010 *мм*. При пользовании шкалой *B* и *C* ртуть в левой глухой трубке подводя к нулю соответствующей шкалы, а показание снимают по уровню ртути в правой трубке.

Рис. 61. Ртутный насос завода «Электросила».

Заграничные фирмы строят электрические вакуумметры, основанные на изменении теплопроводности газа от его давления. При-

бор работает на основе следующего принципа: в вакууме теплоотдача от нагретой проволоки происходит только за счет лучеиспусканий; в газовой среде к лучеиспусканию присоединяется конвекция, которая увеличивается с ухудшением вакуума. На схеме электровакуумметра платиновые проволочки *AB* и *CD* находятся в воздухе (рис. 65), а проволочки *AD* и *BC* в вакууме, сообщающемся с вакуумом выпрямителя. Если питать по схеме мостика Уитстона этот прибор от строго постоянного источника тока, то ток будет нагревать проволочки не одинаково. Проволочки, находящиеся в хорошем вакууме, т. е. *AD* и *BC* будут нагреваться

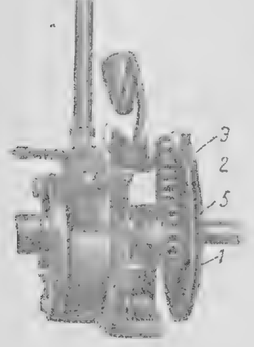


Рис. 62. Форвакуумный насос завода «Электросила».

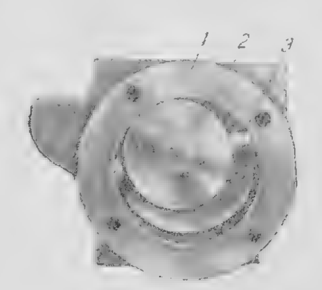


Рис. 63. Форвакуумный насос завода «Электросила».

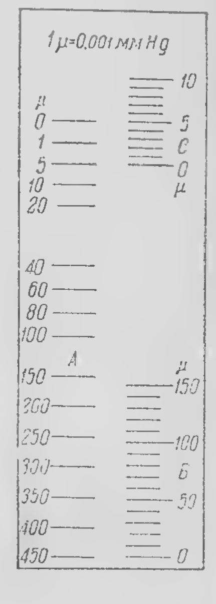


Рис. 64. Шкала вакуумметра Мак-Леода.

больше и равновесие мостика нарушится. Через гальванометр пойдет ток, отклоняющий стрелку. Чем вакуум выпрямителя будет лучше, тем этот ток будет больше.

Гальванометр градуируется по точному вакуумметру Мак-Леода и дает показания прямо в миллиметрах ртутного столба.

На рис. 66 показана схема включения электрического вакуумметра. Постоянный источник тока здесь заменен трансформатором, питающим неподвижные катушки гальванометра через баластное сопротивление из железной проволоки, пропускающее строго определенное количество тока в миллиамперах при довольно сильном изменении напряжения (от 100 до 150 *в*). Подвижная катушка приключена к одной из диагоналей мостика Уитстона то же через добавочное сопротивление. Мостик питается от шунта, находящегося в цепи неподвижной катушки гальванометра.

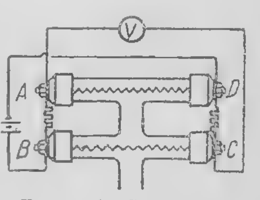


Рис. 65. Схема электровакуумметра.

Эта система может быть использована для автоматического включения вакуумных насосов при падении вакуума, или хотя бы для подачи сигнала.

12. Защита установок с ртутными выпрямителями. Баоды

От перегрузок и коротких замыканий в питаемой сети или ухудшения вакуума по той или иной причине могут произойти короткие замыкания между анодами выпрямителя, а следовательно и между фазами трансформатора.

В выпрямителе ток короткого замыкания нарушает вакуум. Для отключения при коротком замыкании масляник в питающей трансформатор сети устанавливается без выдержки времени. Если вакуум не успел сильно ухудшиться, ртутник тотчас же включается вновь в работу.

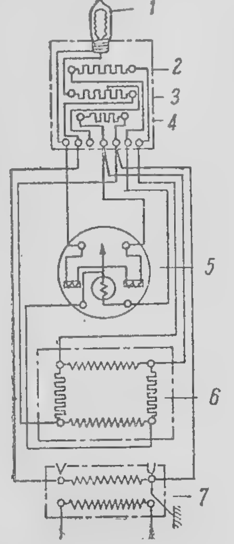


Рис. 66. Схема включения электровакуу- метра:

1 — железное сопротивление цепи неподвижной катушки; 2, 3, 4 — баластные сопротивления; 5 — гальванометр; 6 — электровакуумметр; 7 — трансформатор электровакуумметра.

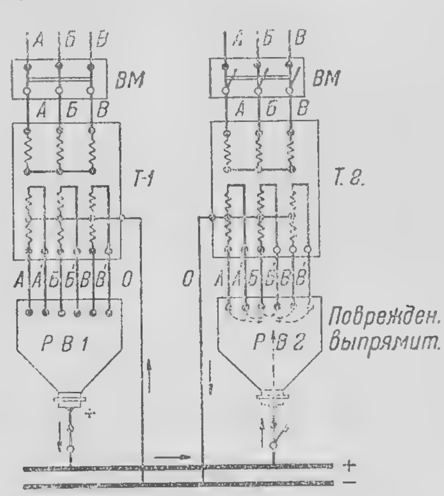


Рис. 67. Схема параллельной работы двух выпрямителей завода «Электросила».

Если выпрямители (рис. 67) работают на общие шины параллельно, то дуга при обратном зажигании в неисправном выпрямителе, перекрывая аноды между собой и тем коротко замыкая питающий трансформатор, вызывает появление обратного тока от катода к аноду.

Этот обратный ток достигает большой величины, так как сопротивление выпрямителя и его трансформатора невелико.

Ток короткого замыкания между анодами может быть отключен только со стороны переменного тока масляным выключателем; обратный же ток должен быть отключен на стороне постоянного тока. Для этого на стороне постоянного тока монтируется быстродействующий автомат, установленный на обратный ток (баод).

Защиту выпрямителейот максимальных токов на стороне постоянного тока обычно не делают, так как от перегрузок и коротких замыканий в сети постоянного тока каждый фидер постоянного тока защищается максимальным автоматом, а от коротких замыканий

на шинах постоянного тока служит защитой масляный выключатель.

Когда установка питается от мощной сети и не представляется возможным подобрать масляный выключатель на неустановившихся токах короткого замыкания, то со стороны переменного тока применяется селективная защита (рис. 68), при которой устанавливаются максимальные реле с выдержкой времени, срабатывающие мгновенно лишь при коротких замыканиях в самом трансформа-

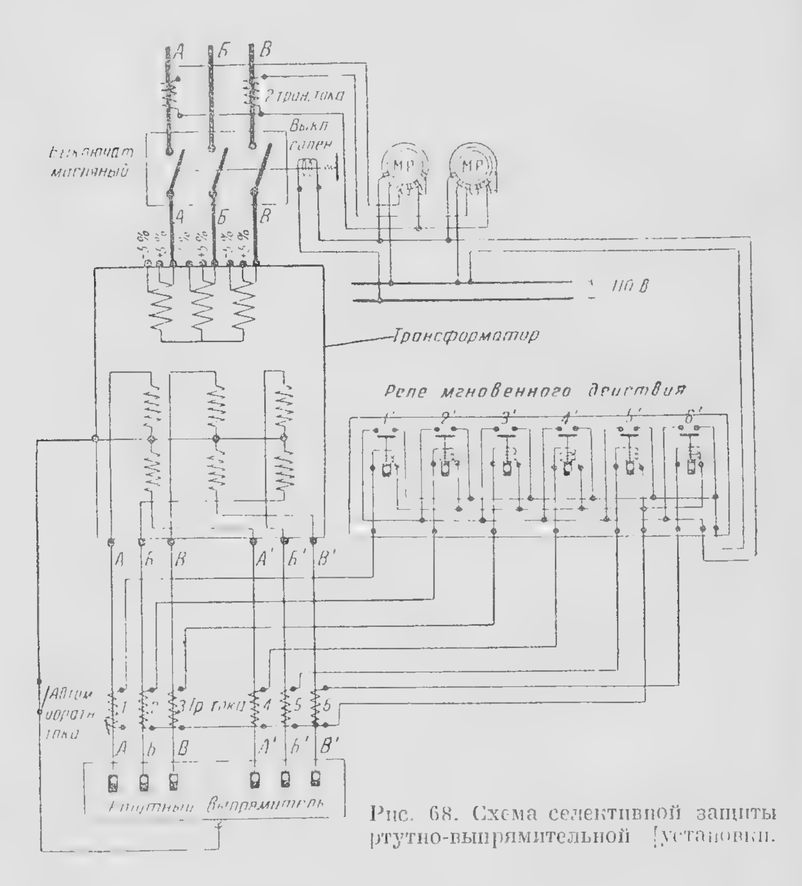


Рис. 68. Схема селективной защиты ртутно-выпрямительной установки.

торе или до него, и дающие выдержку времени при обычных перегрузках. Для защиты же выпрямителей от коротких замыканий устанавливаются мгновенно действующие реле 1—6'', отключающие масляный выключатель.

Быстродействующие автоматы (фиг. 69), употребляемые для защиты параллельно работающих выпрямителей от обратных зажиганий, устанавливаются на обратный ток и действуют в течение тысячных долей секунды, не позволяя обратному току оказать свое разрушающее действие на выпрямитель.

В баодах завода «Электросила» — отключение происходит за счет магнитных силовых линий, создаваемых проходящими через катушки автомата токами, а не за счет работы защелок, реле и пр., причем влияние самоиндукции обмоток сведено к минимальной величине. Автомат управляется дистанционно. Электромагнитный механизм состоит (рис. 70) из Ш-образного магнита с тремя обмотками. Против среднего сердечника установлен качающийся якорь с подвижным контактом.

Одна крайняя обмотка предназначается для главного тока (правая на схеме, т. е. выключающая), а другая крайняя — для включения автомата. Средняя обмотка — держащая. Автомат удерживается во включенном положении магнитным потоком от держащей катушки, замыкающимся через сердечники держащей и включающей катушек.

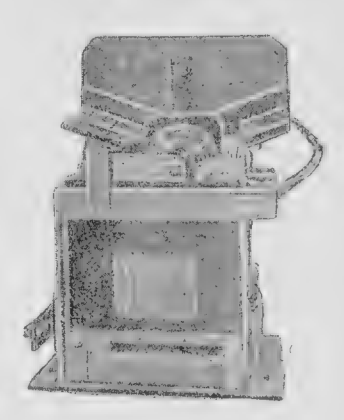


Рис. 69. Общий вид Баода.

Катушка главного тока соединена так, что магнитный поток от главного тока в среднем сердечнике направлен так же, как и магнитный поток—от держащей катушки, а в сердечнике включающей обмотки — навстречу потоку от включающей катушки. По достижении главным током предельной величины его магнитный поток размагничивает левый (включающий) сердечник и переводит якорь вправо до упора в правый сердечник, размыкая цепь постоянного тока.

Возникающая дуга выдувается в специальную камеру, где гасится магнитным потоком. Включается и выключается автомат кнопочным контактом при помощи промежуточного реле. При нажатии кнопки «включено» включается промежуточное реле, держащее и включающее катушки. При нажатии кнопки «выключено» держащая катушка выключается. Включающая катушка и промежуточное реле находятся под током только в момент включения. Сигнальные лампы указывают положение включения или выключения автомата. Питать держащую и включающую катушки следует током постоянного напряжения, поэтому автомат требует установки аккумуляторной батареи на 110 *в*. Автомат устанавливается в машинном зале за щитом.

13. Схемы соединений и типы ртутно-выпрямительных подстанций

На рис. 71 представлена одна из схем соединений для ртутно-выпрямительной подстанции, оборудованной выпрямителями типа РВ-10.

Питание осуществляется двумя вводами 6300 *в*, из коих один резервный, через разъединители и масляные выключатели. Включение и выключение масляников производится соленоидными приводами, с управлением от щита. Рабочим током для соленоидов слу-

жит постоянный ток аккумуляторной батареи. Сигнальные лампы указывают положение масляника (включен или выключен) и положение разъединителей, соединяющих масляник с шинами высокого напряжения.

Реле обратной мощности устанавливается на случай параллельной работы обоих вводов высокого напряжения и отключает поврежденный фидер без пере-

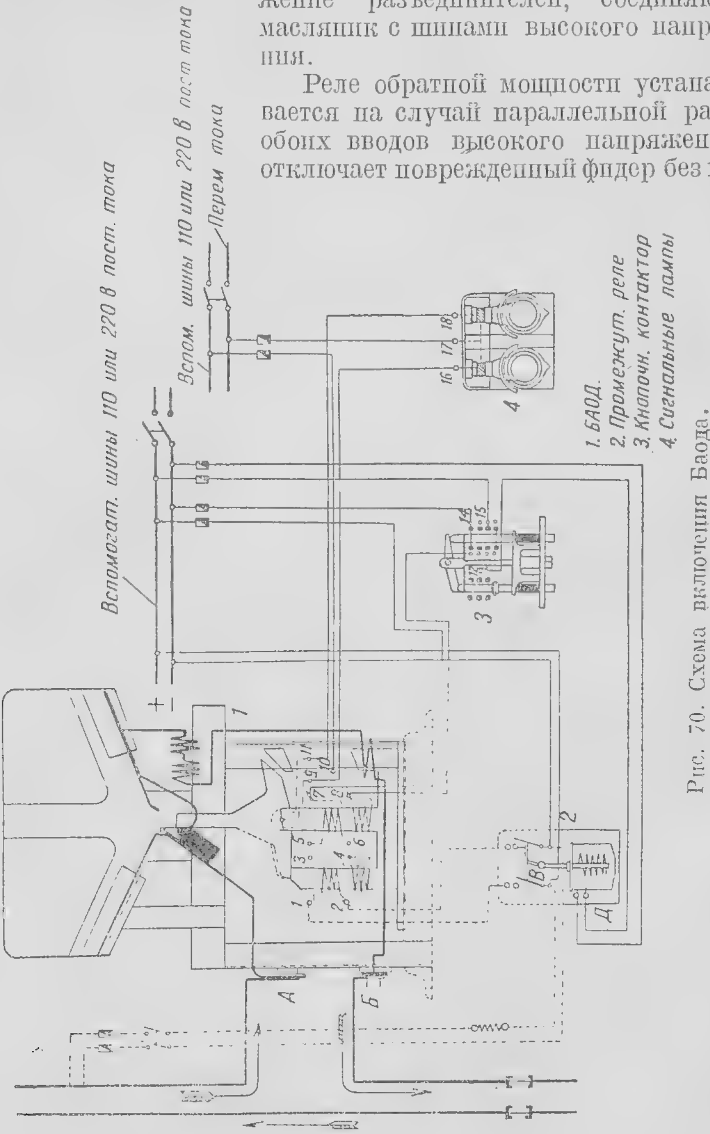


Рис. 70. Схема включения Баода.

рыва работы подстанции. Работают реле от трансформатора тока, получая напряжение от трансформатора напряжения.

Шины высокого напряжения разделены на две части для возможности, питая подстанцию одним вводом, производить ремонт или осмотр второй половины шин. К разъединителям, делящим шины на две части, присоединен также трансформатор собственных нужд.

К шинам высокого напряжения через масляник с соленоидным приводом присоединяется первичная обмотка силового трансформатора, соединенная звездой. Между масляником и силовым трансформатором установлены трансформаторы тока, ко вторичным об-

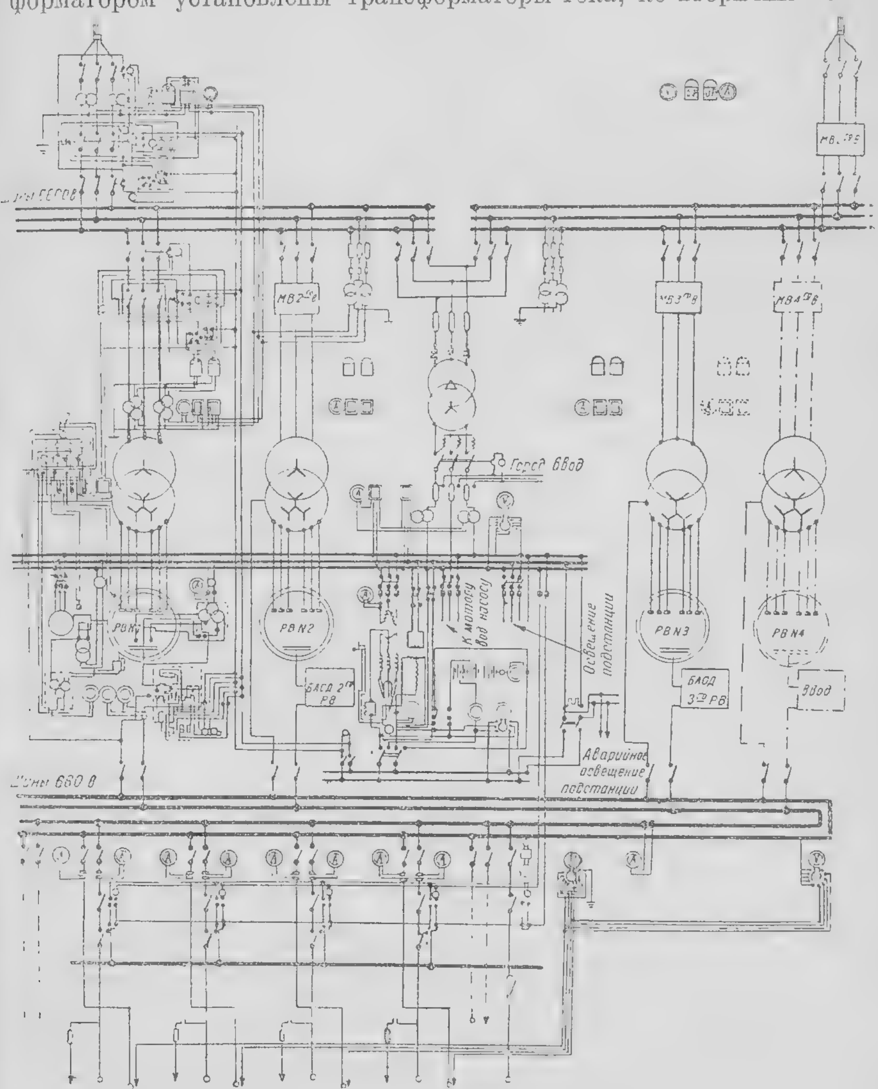


Рис. 71. Схема соединений ртутно-выпрямительной подстанции.

моткам которых присоединяются максимально-мгновенные реле, отрегулированные для работы без выдержки времени и действующие на соленоидный привод масляника.

К трансформатору тока присоединяются амперметр и счетчики. Сигнализация оборудования — также как и на вводах.

Вторичная обмотка силового трансформатора соединяется с анодами ртутного выпрямителя, нуль трансформатора — с минусовой шиной постоянного тока, а катод выпрямителя соединяется с положительной шиной постоянного тока через баод.

Зажигание и возбуждение производится от вторичных обмоток специального трансформатора, присоединенного к шинам собственных нужд.

В схеме предусмотрен электрический вакууметр, питающийся особым трансформатором. Мотор форвакуумного насоса работает от шин собственных нужд.

К положительной шине присоединены через максимальные автоматы фидеры постоянного тока. При включении автомата фидера подается световой и звуковой сигнал. На фидерах установлены разрядники от перенапряжений.

К отрицательной шине присоединены обратные кабели. Обратные кабели снабжены контрольными жилами, которые соединены переключателями с двумя вольтметрами.

Одним из вольтметров измеряется разность потенциалов между отсасывающими пунктами, а другим — между отсасывающим пунктом и минусовой шиной.

На схеме приведена также установка «ночной шины», которая, с одной стороны, соединена через автомат с положительной шиной подстанции и с другой стороны — с другой подстанцией специальным кабелем. Ночная шина дает возможность, в случае бездействия одной из подстанций, передавать электрическую энергию в ночное время с одной работающей подстанции на выключенную через специальный передаточный кабель. Она дает также возможность в случае порчи фидерного автомата питать этот фидер через автомат ночной шины.

Служебные шины подстанции питаются от трансформатора собственных нужд, присоединенного к шинам высокого напряжения.

На случай порчи трансформатора собственных нужд предусматривается запасный ввод от городской сети с напряжением 220 *в*.

При отсутствии напряжений у трансформатора собственных нужд происходит автоматический (при помощи 4-полюсного автоматического переключателя нулевого напряжения) перевод питания с трансформатора собственных нужд на городской ввод.

Для питания постоянным током катушек баодов и соленоидных приводов установлена аккумуляторная батарея, дающая постоянный ток 110 *в*. От аккумуляторной батареи питаются также реле масляников, сигнальные лампы, звонки и аварийное освещение. Зарядка батареи происходит от стеклянного ртутного выпрямителя, который также может работать параллельно с батареей.

Стеклянный ртутный выпрямитель присоединен также к шинам для собственных нужд подстанции. Таким образом трансформатор собственных нужд обслуживает: зажигание, возбуждение выпрямителей, ртутный насос, электрический вакууметр, мотор форвакуумного насоса, стеклянный ртутный выпрямитель, нормальное осве-

нение подстанции и (при циркуляционной системе охлаждения) насосы охлаждающей установки.

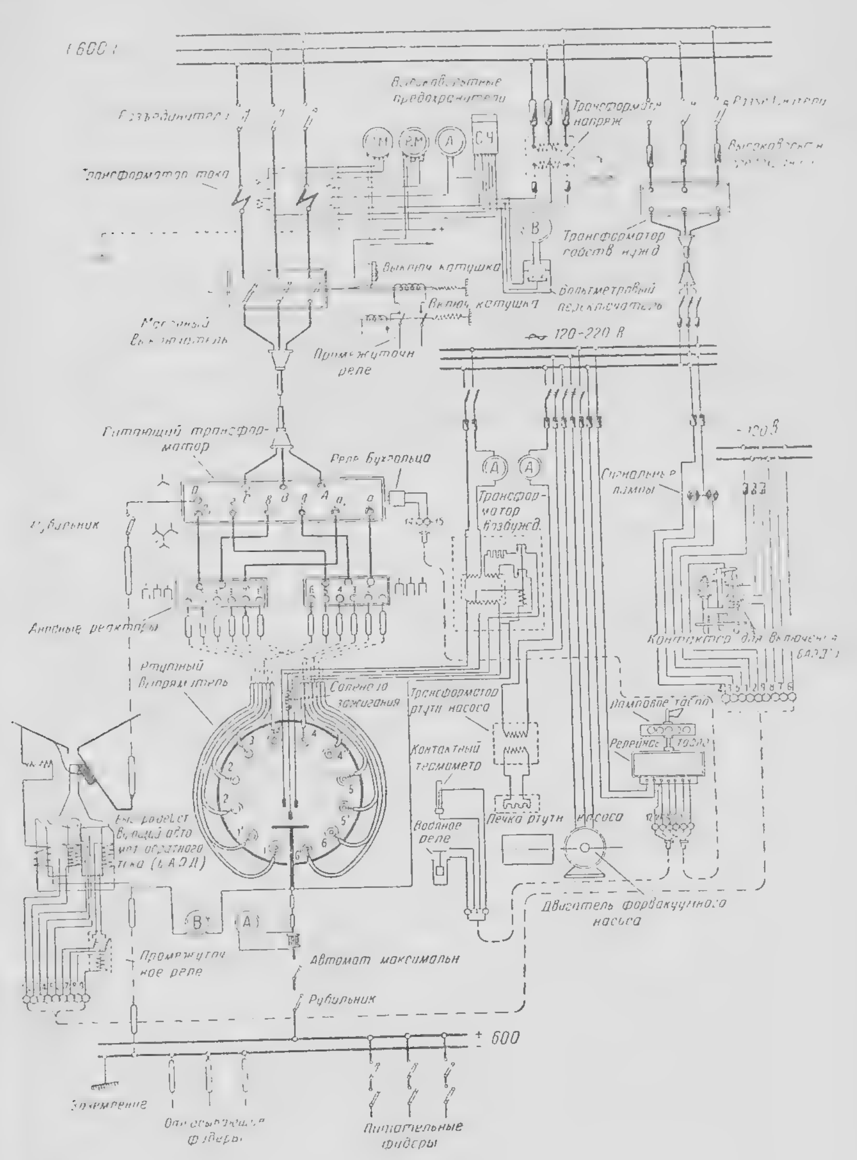


Рис. 72. Схема включения выпрямителя РВ-20 завода «Электросила».

На ртутно-выпрямительных подстанциях гораздо больше чем на подстанциях, оборудованных другими видами выпрямителей, имеет значение сигнализация, так как исправная работа ртутных выпрямителей обусловливается сохранением хорошего вакуума, нормальной температурой и др. Поэтому стремятся вообще насколь-

ко возможно автоматизировать сигнализацию на ртутно-выпрямительных подстанциях.

На схеме рис. 72 для сигнализации появляющихся ненормальностей в работе ртутных выпрямителей и их трансформаторов устанавливается табло с сигнальными лампами и сиреной.

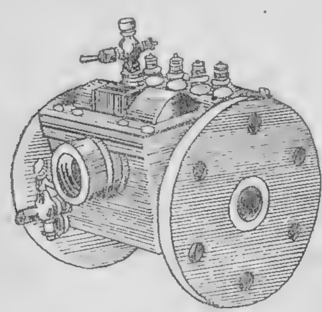


Рис. 73. Газовое реле.

Табло это сигнализирует:

1) о неисправности силового трансформатора,

2) о плохом вакууме,

3) о превышении нормальной температуры,

4) о перерыве или уменьшении подачи охлаждающей воды.

Сигнализация о дефектах в силовом трансформаторе производится при помощи газового реле (рис. 73). Реле устанавливается в разрезе трубопровода от трансформатора к его консерватору. При повреждении в трансформаторе образуются газы, которые поднимаются вверх и скопляются под крышкой реле, вытесняя из кожуха реле масло. По мере вытеснения масла опускается имеющийся внутри реле верхний поплавок, при этом замыкается ртутный контакт, приводящий в действие сигнальное устройство. Если причина, вызывающая газообразование, будет длительна, то газы, вытесняя все более и более масло, заставят наконец опуститься нижний поплавок, который замкнет второй контакт, вызывающий отключение трансформатора от питающей сети.

Сигнализация об ухудшении вакуума осуществляется гальванометром электрического вакуумметра (рис. 65), который при ухудшении вакуума до предельной нормы замыкает цепь соответствующего сигнала табло.

Для сигнализации о поднятии температуры до опасных пределов служит специальный контактный термометр (рис. 74), который при поднятии температуры выпрямителя до предела замыкает цепь сигнала. Термометр устанавливается на анодной плите выпрямителя.

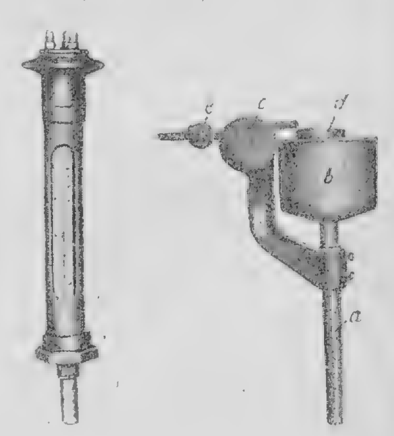


Рис. 74. Контактный термометр.

Рис. 75. Водяное реле.

Для сигнализации о прекращении или ослаблении подачи охлаждающей воды служит водяное реле (рис. 75) с качающимся балансиром. При ослаблении или прекращении подачи воды внутренний сосуд d, имеющий отверстия, начнет облегчаться, так как поступающая вода не будет успевать пополнять убыль воды в меха через от-

верстия, благодаря чему перетянет груз e и внутри c замкнется контакт, приводящий в действие соответствующий сигнал табло.

Устанавливаются также иногда сигналы, извещающие об обрыве тока в цепи печи ртутного насоса, об увеличении сверх нормального давления в форвакуумном баке, о выключении масляника, автомата на фидере постоянного тока и пр.

На рис. 76 представлена схема сигнализации с восьмью реле. Верхние надписи над сигнальными лампами указывают, с какой цепью соединено данное реле. Все реле питаются от цепи переменного тока 120 вольт. Каждое реле получает ток при замыкании пары контактов, соединенных с защищаемой частью установки (термометр, или водяное реле, или газовое реле и т. д.).

При неисправности какой-либо, снабженной сигнализацией, части установки, соответствующее реле получает ток и замыкает контакты H и H'. Один контакт замыкает цепь соответствующей сигнальной лампы, а другой — цепь сирены.

Для выключения сирены на время исправления повреждения под каждым реле находится кнопка, нажатием которой размыкается цепь сирены и замыкается цепь контрольной лампы, указывающей, что неисправность еще не устра-

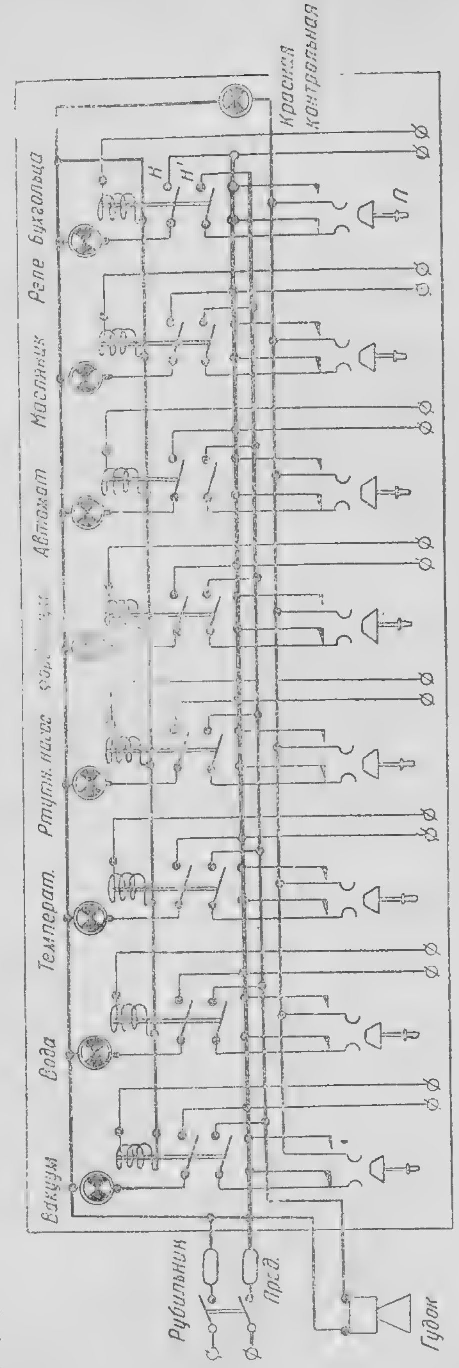


Рис. 76. Схема сигнализации.

рена. Если попытаться включить кнопку, не исправив повреждения, то красная контрольная лампа погаснет, но вновь зазвучит сирена. По исправлении дефекта кнопка выключается, и реле вновь готово принять сигнал.

Нулевое реле, включенное в цепь ртутного насоса, для сигнализации о перерыве тока в цепи насоса, кроме двух сигнальных контактов, соединенных с реле сигнального табло, снабжается еще иногда второй парой контактов, замыкающих цепь тока масляного насоса. Точно так же контактный термометр и вакууметр иногда снабжаются второй парой контактов, которые замыкаются, если не будет устранена неисправность, и, замыкаясь, приводят в действие реле, заставляющие отключиться ввод ртутника.



Рис. 77. Общий вид двухэтажной подстанции.

Как одну из видов подстанций, оборудованных ртутными выпрямителями завода «Электросила» и монтируемых ВЭО, можно привести трамвайную подстанцию, оборудованную четырьмя выпрямителями типа РВ-10.

На рис. 77 дан общий вид подстанции со стороны кабин трансформаторов. Здание — двухэтажное, с надстройкой для водяного бака с запасом воды на 3 часа. В первом этаже (рис. 78) расположены камеры силовых трансформаторов, распределительное устройство высокого напряжения и коридор управления, а также мастерская, уборная и пр. Масляники вводов расположены в крайних камерах. Вторая, четвертая, шестая и восьмая камеры — для масляников силовых трансформаторов. Третьи с краю камеры — для трансформаторов собственных нужд. Средняя камера — для секционного делителя и для лестницы, ведущей наверх к шинам высокого напряжения.

Шины высокого напряжения идут над камерами масляников. На полу коридора управления у каждой камеры масляника устанавливается соленоидный привод.

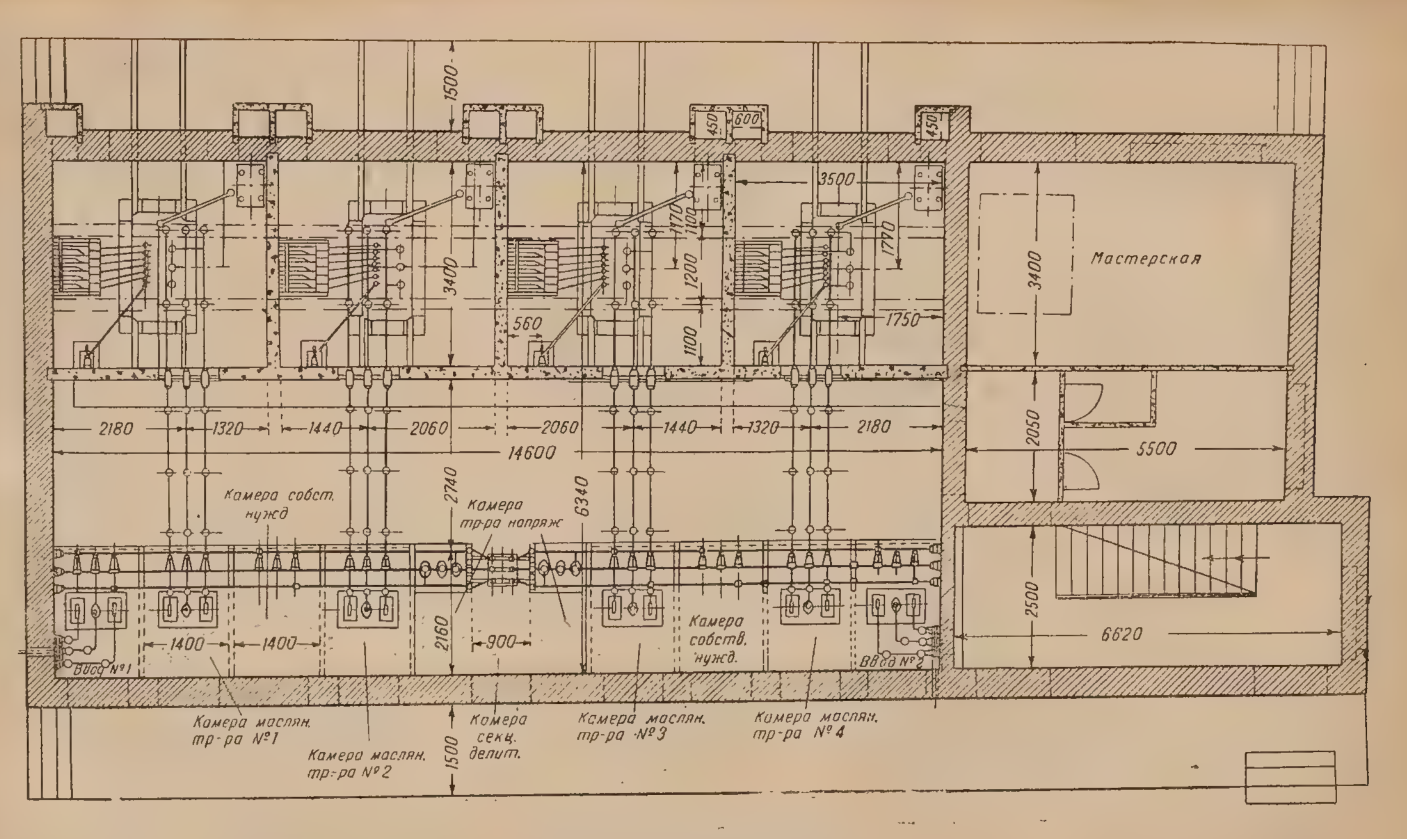


Рис. 78. План первого этажа

Ввод высокого напряжения, подойдя к муфте, выходит наверх к разъединителям и затем через проходные изоляторы подходит к масляпику ввода. От масляника ввода провода через проходные изоляторы подходят к разъединителям и шинам высокого напряжения. От шин через разъединители провода входят через проходные изоляторы к масляникам силовых трансформаторов, пересекают у потолка коридор управления и входят в камеры силовых трансформаторов, присоединяясь к первичной обмотке последних.

От вторичной обмотки силовых трансформаторов голые провода идут к проходным изоляторам, установленным в потолке камер трансформатора.

Проходные изоляторы соединяются кабелями с анодами выпрямителя. Нуль трансформатора при помощи кабеля, проложенного в канале коридора управления, соединяется с отрицательной шиной, находящейся на лестничной клетке. Камеры силовых трансформаторов и масляников имеют двери наружу. Камеры собственных нужд имеют, кроме того, закрытый сеткой выход в коридор управления.

Рис. 79. План второго этажа.

Камеры силовых трансформаторов снабжены приемниками для масла и вытяжными трубами для лучшего охлаждения трансформаторов. Во втором этаже (рис. 79) расположены ртутные выпрямители, аппаратный щит и каркас для распределительного устройства постоянного тока.

В полу второго этажа над мастерской сделан люк для поднятия выемной части трансформаторов при ремонте и для поднятия наверх выпрямителей.

Аккумуляторное помещение, снабженное хорошей вытяжкой, расположено в полуторном этаже. Проводка к щиту и каркасу постоянного тока, все кабели постоянного тока и пр. проходят в двойном полу между первым и вторым этажом.

На каркасе постоянного тока установлены баоды, максимальные фидерные автоматы, положительная шина постоянного тока, фидерные рубильники и почная шина.

Аппаратный щит (рис. 80) имеет панели: панель вводов, 4 панели ртутных выпрямителей, панели отходящих фидеров, панель собственных нужд и аккумуляторной батареи.

На поперечном разрезе подстанции (рис. 81) видны: камера масляника, шины высокого напряжения, коридор управления, камера силового трансформатора, пространство между первым и вто-



Рис. 80. Аппаратный щит (вид сзади).

рым полом, в котором проложены кабели, ртутный выпрямитель, аппаратный щит и каркас распределительного устройства постоянного тока.

В подстанциях одноэтажных все оборудование располагается в одном помещении. Примером может служить Богородская подстанция Московского трамвая полуоткрытого типа (рис. 82).

Подстанция предназначена для установки трех ртутных выпрямителей РВ-20 по 1200 *квт*, на общую мощность 3600 *квт*, с трансформатором типа ТМР-35. Схема соединений подстанции ничего оригинального не представляет. Основное стремление при проектировании было — уменьшить кубатуру здания подстанции. Для этого силовые трансформаторы вынесены из здания и установлены наружи. В пристройке располагаются трансформаторная мастерская *5*, аккумуляторная *2*, комнаты обслуживающего персонала *3* и *4*, помещение для насосов циркуляционного охлаждения *6* и другие подсобные помещения. Проект предусматривает возможность в будущем полной автоматизации подстанции.

Распределительное устройство высокого напряжения походит на только что описанное выше. Распределительное устройство постоянного тока также монтируется на особом каркасе. Минусовая шина, питающие и обратные кабели расположены в туннеле под распределительным устройством постоянного тока. Между трансформатором и зданием машинного зала уложен рельсовый путь для

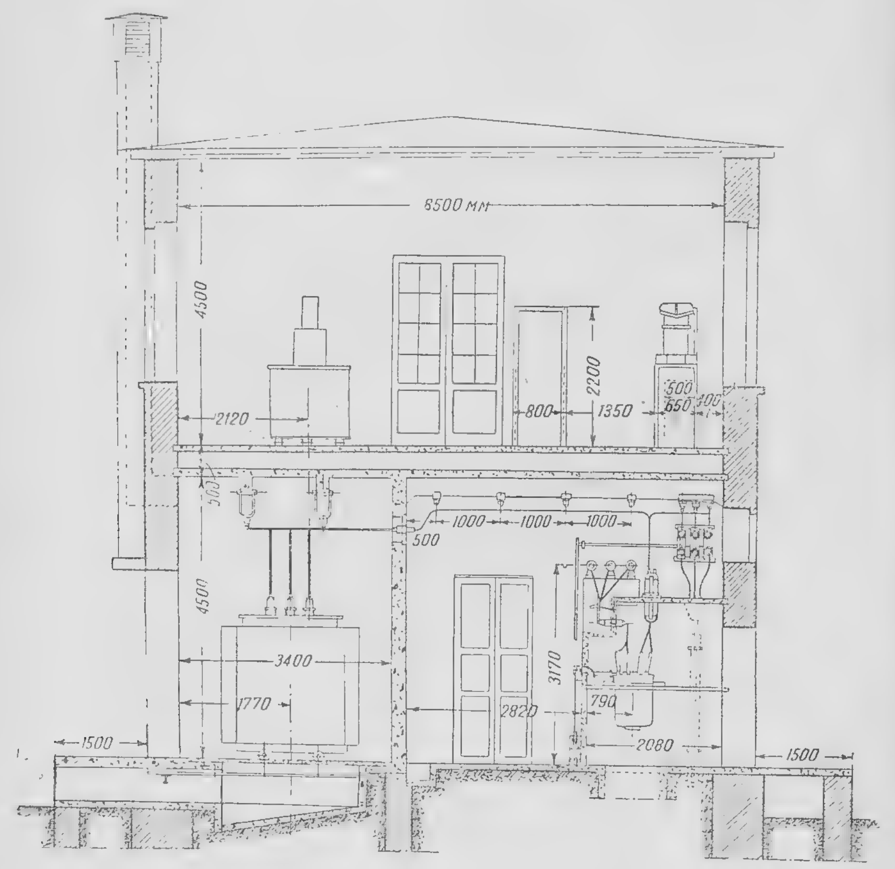


Рис. 81. Поперечный разрез подстанции.

перевозки трансформаторов в мастерскую. Соединение трансформаторов с масляниками и выпрямителями осуществляется бронированными кабелями.

Инж. Шереметевский дает следующие данные для удельной кубатуры на 1 установленный киловатт для московских подстанций:

подстанция с вращающимися преобразователями—1,72—1,80 $м^3$,
двухэтажная ртутно-выпрямительная подстанция—0,60—0,64 $м^3$;
одноэтажная ртутно - выпрямительная подстанция — 0,83—0,89 $м^3$,

полуоткрытая ртутно-выпрямительная подстанция — 0,54 $м^3$.

Ртутно-выпрямительные подстанции сравнительно легко поддаются автоматизации.

Подстанции или автоматизируются частично (полуавтоматические), причем автоматизируются обычно работа вакуумного агрегата, охлаждение, повторное включение фидерных автоматов; или полностью (автоматические), когда персонал совершенно не находится в подстанции и управление подстанциями производится на расстоянии с определенного пункта. При этом установленные на подстанциях аппараты автоматически производят:

а) включение и выключение, в зависимости от нагрузки и напряжения, в контактных проводах;

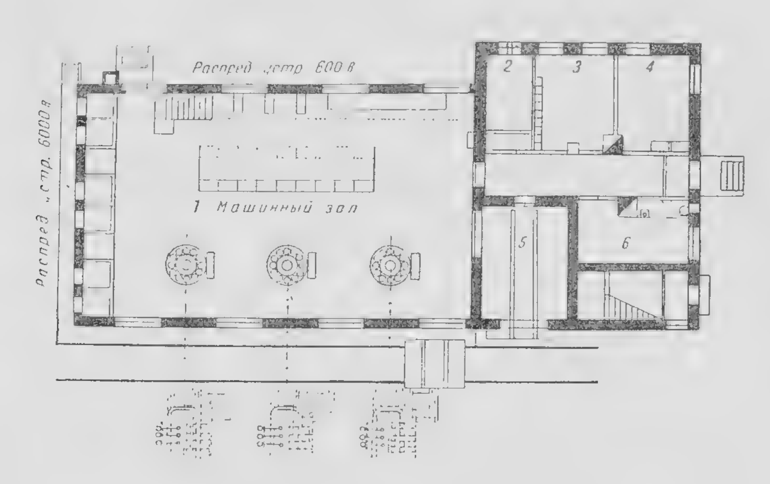


Рис. 82. План полуоткрытой подстанции московского трамвая.

б) включение резерва при длительной перегрузке работающих выпрямителей;

в) повторное включение баодов и масляника силового трансформатора через определенный промежуток времени после их выпадения;

г) включение и остановку вакуумного агрегата в зависимости от степени разрежения в сосуде выпрямителя;

д) управление циркуляционной системой охлаждения в зависимости от температуры корпуса выпрямителя;

е) повторное включение фидерных автоматов через определенный промежуток времени после их выпадения.

Иногда даже включение и выключение всей подстанции, в зависимости от времени суток, производится автоматически.

Стремление к уменьшению мощности подстанций для городских трамваев, с одновременным увеличением их числа, оказалось осуществимым и выгодным экономически при полной автоматизации подстанций с дистанционным.

14. Системы охлаждения ртутных выпрямителей

В ртутных выпрямителях около 4% потребляемой ими энергии превращается в тепло и поэтому применяется искусственное водяное охлаждение. Системы охлаждения ртутных выпрямителей бывают:

1) проточной водой,

2) циркуляционные замкнутые системы.

В последнем случае циркулирующая в замкнутой цепи вода должна охлаждаться, для чего применяются способы:

а) водо-водяного охлаждения,

б) водо-воздушного охлаждения,

в) охлаждение циркулирующей воды в бассейнах при помощи брызгалок (или в градирне).

Выбор той или иной системы охлаждения зависит от местных условий: климата, условий вентиляции помещения подстанции, жесткости и электропроводности воды, стоимости воды, стоимости электроэнергии для моторов насосных установок, расположения подстанции и т. д.

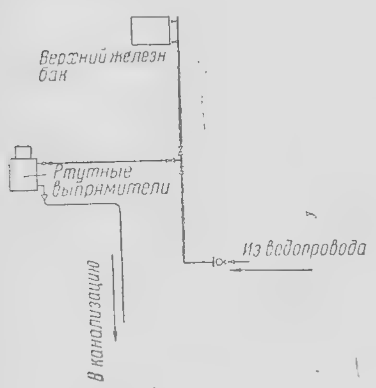


Рис. 83. Схема охлаждения проточной водой.

Поэтому в каждом отдельном случае необходимо провести подсчеты и сравнения, и выбрать наиболее рациональную в данных условиях систему охлаждения.

Схема охлаждения обыкновенной проточной водой представлена на рис. 83. Вода из водопровода поступает непосредственно в ртутный выпрямитель и затем стекает в канализацию.

Верхний бак служит для запаса воды на случай перерыва в подаче воды из водопровода. Существуют автоматические водяные вентили для регулирования подачи воды в зависимости от температуры. Эти вентили ставятся на подводящей магистрали и работают при помощи соленоидов.

Охлаждение прямоточной водой допустимо при жесткости воды не более 14° по немецкой шкале. При большей жесткости необходимо переходить к циркуляционной системе охлаждения с предварительным умягчением циркулирующей воды. Кроме того, при этой системе охлаждения может иметь место разъедание труб электролизом. Поэтому прямоточная система охлаждения допустима при напряжении выпрямленного тока не более 1500 вольт.

Циркуляционные системы охлаждения позволяют работать одной и той же умягченной водой и потому применяются в местах, где жесткость воды превышает 14°.

На рис. 84 дана схема водо-водяного охлаждения, т. е. когда вода, циркулирующая в замкнутой системе, охлаждается в свою оче-

редь в особых охладителях — проточной посторонней водой. На схеме указаны два насоса (один резервный). Нижний сборный бак, верхний напорный бак (запасный). Обычно работает верхний напорный бак, который периодически пополняется из нижнего сборного бака путем накачки воды насосом. Теплая вода проходит сквозь охладитель, охлаждаемый проточной водой из водопровода. Эта система не свободна от электролиза и требует также большого расхода воды, как и прямоточная система охлаждения, т. е. до 1 *л* на 1 *а* выпрямленного тока.

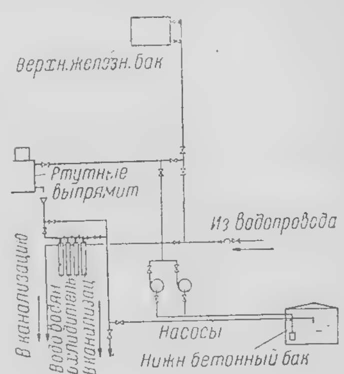


Рис. 84. Схема водо-водяного охлаждения.

Схема водо-воздушного охлаждения показана на рис. 85. Здесь циркулирующая вода охлаждается воздухом.

Эта система свободна от опасности коррозии. Однако, когда на случай остановки насоса дана подводка воды от водопровода, все же может и в этой системе быть явление коррозии.

Если подводка запасного ввода сделана со съемным резиновым рукавом, то возможно совершенно изолировать систему от земли и тем избежать явления электролиза водопроводных труб. В теплом климате эта система не дает удовлетворительных результатов в летнее время и требует очень большой поверхности охлаждающего радиатора и прогона мощным вентилятором громадного количества воздуха. Так, например, в климатических условиях южного города оказалось бы уже необходимым дополнить установку водо-воздушного охлаждения водо-водяными агрегатами для переключения в летнее время охлаждения с водо-воздушного на водо-водяное.

Рис. 85. Схема водо-воздушного охлаждения.

Смешанная водо-водяная и водо-воздушная системы охлаждения в эксплоатации дороже охлаждения прямоточной водой (несмотря на то, что при водо-воздушном охлаждении нет расхода воды).

Для своего осуществления обе системы требуют сравнительно больших затрат на установку и расход дефицитных газовых труб для охладителей.

Наконец, вариант охлаждения циркулирующей воды в бассейнах с распылителями представлен на рис. 86. Здесь поступающая под напором из выпрямителя вода разбрызгивается специальными соп-

лами над бассейном. Из бассейна вода через фильтры, очищающие ее от пыли, попадает в сборный бак. Из сборного бака вода насосом подается в выпрямители. Второй насос пускается в жаркие летние дни для увеличения напора в брызгалках, чем достигается лучшее охлаждение воды. Верхний бак является резервным на случай остановки насосов. Есть также подводка воды от водопровода на случай остановки насосов на длительный срок.

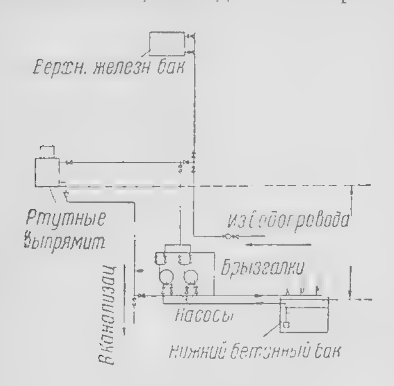


Рис. 86. Схема охлаждения системой брызгалок.

Подробные расчеты, проведенные для подстанции с одновременно работающими тремя выпрямителями РВ-10 по 600 *квт*, в условиях южного города (при стоимости воды 65 коп. за 1 $м^3$ и стоимости электрической энергии 5 коп. за 1 *квт/час*) показали, что вариант охлаждения воды в бассейне с брызгалками является экономически наиболее выгодным (табл. 6).

Таблица 6

Вариант	Стоимость (в руб.) сооружения	эксплоатации в год
1. Охлаждение проточной водопроводной водой	—	6300
2. Циркуляция одной и той же воды при охлаждении ее:		
а) водопроводной водой .	2200	8450
б) воздухом при температуре 10° С (зимой) и водой при температуре 10° С (летом)	8200	7620
в) разбрызгиванием над бассейном	2970	1483

Вариант с брызгалками даже по сравнению с наиболее дешевой системой прямоточного охлаждения водопроводной водой дает экономию около 4800 руб. в год.

В 1934 г. опытная установка охлаждения воды над бассейном брызгалками по схеме рис. 86 осуществлена на одной из подстанций трамвая в Ростове-на-Дону.

На рис. 87 представлена даваемая ВЭТ автоматизированная схема водо-водяного циркуляционного охлаждения. Здесь подача

воды в ртутники производится только под напором из верхнего бака. Включение и выключение насоса, качающего воду из нижнего сборного резервуара в верхний напорный бак, производится автоматически в зависимости от уровня воды в верхнем баке. Открытие и закрытие крана водопровода, подающего воду для охлаждения циркулирующей воды, производится при помощи электромагнита, работающего от тока 110 *в* через реле. Реле в свою очередь получает ток из сети 110 *в* вследствие замыкания контактов в контактном термометре при повышении температуры. При повышении температуры выше предела срабатывает реле звукового и светового сигнала.

Рис. 87. Схема автоматического водо-водяного охлаждения.

Существуют еще системы охлаждения, но они ничего нового собой в принципе не представляют, и часто громоздки, дороги в постройке и эксплоатации (например, система поверхностно-испарительного охлаждения инж. Протопопова и др.).

15. Обслуживание ртутных выпрямителей. Неисправности выпрямителей и их устранение

Ртутный выпрямитель доставляется на подстанцию с завода в так называемом «отформованном» состоянии, т. е. он имеет вакуум внутри корпуса и из стенок его корпуса удалены окклюдированные газы. При доставке выпрямителя, во избежание выливания ртути из катодной чаши, нельзя наклонять выпрямитель более 25—30°. До установки на место выпрямитель сохраняется в сухом крытом

помещении. Когда здание подстанции готово, установлены масляные выключатели, силовые трансформаторы и трансформаторы собственных нужд, аппаратный щит и каркас с баодами и фидерными автомашинами, подведен водопровод и кабели к подстанции, приступают к установке ртутных выпрямителей. По установке выпрямителя на место заполняют ртутью вакуумметр, наполняют маслом масляный насос вакуумной установки, присоединяют охлаждающую воду, соединяют аноды с фазами силового трансформатора и катод с отрицательной шиной постоянного тока, делают проводку к щиту постоянного тока, присоединяют к сети ртутный насос, возбуждение и мотор масляного насоса; затем производят откачку воздуха из форвакуумного агрегата, после чего кран, разъединяющий выпрямитель и вакуумный агрегат, открывают и определяют давление внутри корпуса ртутника. После этого, пустив охлаждающую воду в вакуумный насос, откачивают выпрямитель до предела возможного. Затем можно включить возбуждение и по проверке катодного щитка включать выпрямитель для повторной формовки.

Предварительно следует еще проверить натекание воздуха в час через уплотнение, которое для своих выпрямителей ВЭО нормирует:

РВ-5	0,003 *мм* ртутного столба в час
РВ-10	0,002 *мм* ртутного столба в час
РВ-20	0,015 *мм* ртутного столба в час

Для определения натекания производят откачку выпрямителя в течение 8—10 час., после чего закрывают вакуумный кран, останавливают насосы и определяют давления в корпусе ртутника Q_1 и форвакуумном баке q_1. Через время t делают повторный отсчет q_2 и потом, открыв вакуумный кран и дав давлению уравняться в корпусе выпрямителя и форвакуумном баке, измеряют давление Q' — вспомогательное. Тогда давление через время t в корпусе выпрямителя будет:

$$Q_2 = \frac{(V+v)\,Q' - vq_2}{V},$$

где:

V — объем корпуса выпрямителя,
v — объем форвакуумного бака.
Натекание в час определяется:
для корпуса выпрямителя

$$\xi = \frac{Q_2 - Q_1}{t};$$

для форвакуумного бака

$$\xi_1 = \frac{q_2 - q_1}{t}.$$

Последнее натекание не должно быть более 0,005 *мм* ртутного столба в час.

Формовка выпрямителя производится как перед пуском нового выпрямителя, так и после ремонта его. Необходимость формовки вызывается тем, что в стенках корпуса выпрямителя, находивше-

гося в соприкосновении с воздухом, имеются впитавшиеся в железо (окклюдированные) газы, которые не выделяются при обычной температуре, но при работе ртутника начинают выделяться и понижают вакуум. Для формовки выпрямитель нагружают в течение нескольких дней током пониженного напряжения около 100 вольт и при этом заставляют все время работать масляный и ртутный насосы. Нагрузка постепенно увеличивается и доводится до 200—250% от нормальной, причем температура корпуса, вместо нормальной (около 35° С), доводится до 65—70° С.

Новый выпрямитель формуется на заводе 4—5 дней, по доставке на место повторно 2—3 дня. Выпрямитель после ремонта — 1—2 дня.

Для формовки существуют специальные формовочные трансформаторы, рассчитанные на большое индуктивное сопротивление (чтобы снизить случайный ток короткого замыкания при формовке). При формовке нагрузку выпрямителей осуществляют с помощью водяных реостатов. Схема формовки показана на рис. 88. Иногда производят формовку непосредственно от сильного трансформатора нормальным напряжением, но не всех анодов сразу, а поанодно. Однако одновременная формовка всех анодов сразу дает лучшие результаты.

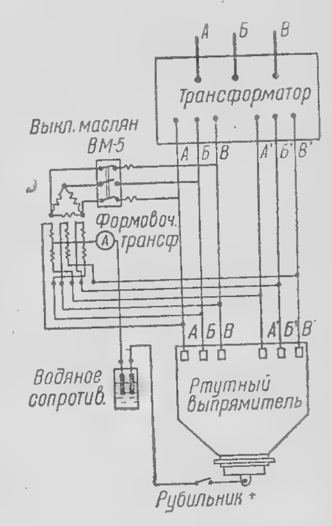


Рис. 88. Схема формовки выпрямителя.

После формовки включают выпрямитель в нормальную работу.

При работе выпрямителя давление внутри корпуса не должно превышать 0,005 *мм* ртутного столба (5 μ).

Температура корпуса должна держаться около 35° С, не выше 40° С и не ниже 25° С.

2—3 раза в сутки включается масляный насос. Обычно же во время работы все время включен ртутный насос.

Персонал на неавтоматической подстанции должен строго следить за вакуумом, температурой и регулировать подачу охлаждающей воды. При отключении масляника тотчас же измеряют вакуум и повторное включение производят только по достижении давления не более 1—2 μ.

Пуск в ход выпрямителя производится следующим образом:

1) измеряют вакуум,
2) пускают охлаждающую воду,
3) включают возбуждение выпрямителя,
4) включают масляник трансформатора.

Для остановки выпрямителя выключают масляный выключатель силового трансформатора, выключают возбуждение, останавливают охлаждающую воду.

Ртутный насос должен работать беспрерывно и во время остановки выпрямителя. Поэтому и подача воды для его охлаждения должна производиться беспрерывно, иначе может произойти отказ его от работы вследствие ухода ртути.

Вреден для ртутного насоса и переход ртути из корпуса выпрямителя в ртутный насос, так как тогда происходит переполнение ртутного насоса ртутью и насос может отказаться работать. Нормально в насосе должно иметься около 250 *см*³ ртути. При недостатке ртути ее подливают в насос, а при избытке — отливают, для чего требуется снятие насоса с выпрямителя.

Обслуживание форвакуумного насоса состоит в следующем:

надо следить за тем, чтобы масло в насосе было на уровне маслоуказателя и закрывало клапан насоса;

надо следить за тем, чтобы в масло не попала влага; не снимать колпачка выхлопной трубы;

надо следить за исправностью автоматического устройства для открытия и закрытия крана насоса. При порче автоматического устройства необходимо делать это от руки. Кран должен быть открыт при неработающем моторе насоса. Исправление автоматического устройства большей частью заключается в регулировании дисков. Перед регулированием приходится отсоединить вакуумным краном насос от выпрямителя, остановить ртутный насос, напустить в бак воздух, слить масло из насоса. Масло меняется в масляном насосе раз в год. Для насоса употребляется турбинное масло марки M_2.

При увеличении натекания сверх нормального необходимо осмотреть уплотнения, причем в резиновых конструкциях поджимают уплотнения до предела при теплом после работы выпрямителе.

Поднимать нижний сосуд с ртутью в вакуумметре Мак-Леода следует плавно, без толчков, чтобы не разлить ртуть.

Нужно следить за четкой и безотказной работой зажигания. Дуга возбуждения должна быть устойчива, для чего ток возбуждения должен быть около 9 *а*. При холодном выпрямителе ток увеличивают до 12 *а* путем переключения трансформатора возбуждения.

Надо следить, чтобы трансформатор возбуждения не перегружался, контакты реле были чисты, отказ от работы зажигания может быть вызван несколькими причинами. Основные из них следующие:

1. Растяжение пружины анода зажигания, благодаря чему игла зажигания касается все время ртути и не размыкает цепи для создания дуги.

Неисправность устраняется путем вскрытия выпрямителя и замены пружины.

2. Уход ртути из катода, благодаря чему увеличивается расстояние между иглой и катодом и при включении зажигания игла не достает до ртути катода. При этом в смотровое окно видно, что игла зажигания не отскакивает обратно.

Неисправность также устраняется вскрытием выпрямителя и добавлением ртути в катод. Нормальное расстояние между иглой анода зажигания и ртутью катода около 12 *мм*.

3. Предохранитель в цепи зажигания может перегореть вследствие плохого вакуума, очень холодного выпрямителя и других причин.

4. Могут быть неисправны контакты реле зажигания. Контакты следует осмотреть, зачистить и отрегулировать.

Вскрытие и переборка выпрямителя, кроме неисправности зажигания, производятся также при повторных обратных зажиганиях, которые свидетельствуют о дефекте где-либо в уплотнении, загрязнения ртути, трещины в катодном щитке и т. п. При переборке выпрямителя должна соблюдаться особая чистота. Надо не допускать попадания масла и пыли как на вынутые из корпуса части (аноды и пр.), так и на внутренние стенки корпуса.

Следует брать все части не голыми руками, а при помощи чистой папиросной бумаги. Класть части надо на чистую бумагу и сверху накрывать бумагой для предохранения их от пыли. Промывка деталей допускается чистым спиртом.

Перед разборкой выпрямителя в него предварительно напускается воздух.

Если производится переборка и смена анодов, то после установки их проверяют снизу, через отверстие для катода, не касаются ли манжеты анодов стенок корпуса.

При переборке катода из рубашки предварительно выпускается вода, три зажимных болта катода заменяются длинными шпильками, на которых опускают катод.

Если треснул катодный щиток, его заменяют новым. Ртуть катода обязательно фильтруется и затем вновь наливается в катод уже очищенная, и катод устанавливается на место. При недостатке ртути в катоде она добавляется до нормы. При установке катода на место следует болты, держащие катод, крепить парнопротивоположные.

16. Меры безопасности при ртутно-выпрямительных установках

Во время работы ртутного выпрямителя его корпус имеет тот же потенциал, что и катод.

Поэтому и все части, связанные электрически с корпусом выпрямителя, имеют напряжение выпрямленного тока. Благодаря этому применяются меры безопасности при обслуживании установок с ртутными выпрямителями, сводящиеся к следующему.

Для ограждения обслуживающего персонала от напряжения выпрямленного тока применяют либо ограждающую решетку, вход за которую может быть только при выключенном выпрямителе, либо ограждающей решетки не ставят, но пол вокруг выпрямителя покрывается изолирующим материалом.

При первом способе рукоятки управления приборами выводятся за решетку и обслуживание выпрямителей затрудняется. Этот способ мало употребителен и в практике трамваев большей частью делают установки с изолированным полом.

Изолирующий материал должен быть достаточно прочен электрически и механически. Площадка должна выступать на 1 *м* за лю-

бой край установки. Если близко расположена стена, то она также покрывается изолирующим слоем. Все части, изолированные от корпуса выпрямителя (мотор масляного насоса, части водопровода, подходящего к выпрямителю, и пр.), защищаются сеткой или изолирующим материалом. Все металлические части выпрямителя, кои не надо изолировать от корпуса, должны быть надежно с ним соединены электрически и иметь тот же потенциал, что и корпус выпрямителя.

Чтобы не было утечки тока через водопроводную сеть, необходимо вставлять резиновый шланг. Длина этого резинового шланга должна быть для 600 *в* — 1 *м* и для 1650 *в* — 1½ *м*. Стекающая вода обычно выводится свободной струей в воронку.

17. Распределение тока

Единственной системой, получившей широкое распространение и исключительно применяющейся в СССР, является система воздушной подвески. По этой системе провод подвешивается на поперечных стальных тросах, укрепляемых на кронштейнах, столбах или в стенах зданий.

Для ролика провод подвешивается по оси пути. При бугеле провод подвешивается зигзагообразно для равномерного износа алюминиевой вставки бугеля.

Рис. 89. Стандартный профиль троллейного провода.

Провод применяется круглый или фасонный (рис. 89) сечением 65, 85 или 105 *мм*². Провод делается из твердотянутой меди с сопротивлением на разрыв до 40 *кг* на 1 *мм*² и пределом упругости до 12 *кг/мм*².

Рабочий провод изнашивается вследствие трения и искрообразования при токоснимании. Для уменьшения износа надо следить за правильным натяжением провода, тщательной подвеской на кривых, у стрелок и крестовин, смазкой провода, равномерным нажатием токоприемника (5—6 *кг* для бугеля и 7—8 *кг* для ролика).

Натяжение рабочего провода изменяется под влиянием температуры: он укорачивается при понижении температуры и удлиняется при повышении температуры. Регулировка натяжения провода производится два раза в год — в октябре (ослабление) и в апреле (подтягивание). Принимают наибольшее допустимое напряжение провода в 12—13 *кг/мм*² при самой низкой температуре.

Регулировка натяжения производится при помощи специальных натяжных болтов. Натяжение определяется или динамометром, или путем определения стрелы провеса провода.

Подвеска рабочего провода производится на высоте 6 *м* над головкой рельса. Минимальная высота подвеса считается около 4,2 *м* (при въездах в парки, под мостами и пр.). На прямых участках пути рабочий провод поддерживается тросами или кронштейнами через

каждые 35 *м*. Увеличение этого расстояния увеличивает провес провода и следовательно увеличивает удары на подвесках и износ провода. При бугеле провод подвешивается зигзагообразно, причем максимальное отклонение провода делается от оси пути 350 *мм*, т. е. шаг зигзага 700 *мм*. Это гарантирует бугель от соскакивания с провода, так как ширина алюминиевой накладки на бугеле 1210 *мм*. Полная длина зигзага — 10 пролетов или 350 *м*, после чего зигзаг имеет обратный уклон. Отклонение провода от оси пути на каждый пролет таким образом делается равным 70 *мм*.

Наклон тросов бывает от 1 : 10 до 1 : 20. Чем круче наклон, тем меньше усилия на столбы, но тем выше приходится делать столбы и тем вся подвеска больше стремится к колебаниям. Поэтому средний нормальный уклон принимают равным от 1 : 12 до 1 : 15.

Если обозначить вес проводов и изоляторов на 1 пролет через p *кг*, уклон через $1 : b$, пролет между столбами l *м* и стрелу провеса через f *м*, то усилие в тросе будет равно:

$$Q = \frac{pb}{2}$$

или так как

$$b = \frac{l}{2f}\,,$$

то

$$Q = \frac{pl}{4f}\,.$$

По этой формуле можно рассчитать натяжение троса для различных p и b, определить сечение троса и потребный тип столба.

В табл. 7 приведено натяжение троса для различных уклонов при пролете 35 *м* для проводов сечением 65, 85 и 105 *мм*^{2}.

Таблица 7

Сечение провода *мм*^{2}	Вес провода и изолятора на один пролет	Натяжение троса при пролете 35 *м* и уклоне					
		1 : 8	1 : 10	1 : 12,5	1 : 15	1 : 17	1 : 20
65	24	95	118	145	175	205	235
85	30	120	150	190	230	265	300
105	40	160	190	235	280	320	365

Для двух проводов над путями величина Q удваивается.

На кривых провод не может следовать по оси пути и получает переломы, принимая форму стороны многоугольника. Наиболее легкий проход роликового токоприемника был бы в случае, если бы стороны многоугольников были наименьшие, но при этом потребовалось бы большое количество столбов. Оказывается, что предельный угол между направлением провода и осью роликового токо-

приемника (рис. 90) для свободного прохода последнего будет 11°30′. Исходя из этого для радиусов меньших 50 *м*, длину стороны многоугольника для роликового токоприемника на кривой принимают $a = 0{,}2$ *м*.

Для радиусов больших 50 *м* это соотношение требует поправки и тогда получаются длины сторон многоугольника (табл. 8).

Таблица 8

R	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	250	300	400	500
a	10,0	10,5	11,5	12,0	13,0	14,0	15,5	17,0	18,5	20,0	22,5	25,0	28,0	35,0

Рис. 90. Угол между проводом и направлением.

Рис. 91. Натяжка провода для бугеля на кривой.

Для бугеля важно, чтобы провод не выходил за две окружности *a* и *b*, описанные двумя крайними точками алюминиевой вставки (рис. 91). Тогда, в зависимости от радиуса, сторона многоугольника определяется формулой:

$$a = 2{,}8\sqrt{km},$$

где m — рабочая часть алюминиевой вставки бугеля.

Для нормального бугеля, применяемого на трамваях СССР, получаются следующие длины сторон многоугольника при подвеске на кривых для дугового токоприемника в зависимости от радиусов кривых (табл. 9) [1].

Таблица 9

Радиус кривой в *м*	Сторона многоугольника в *м*	
	максимум	нормально
14	9,06	7,25
16	9,60	7,68
20	10,74	8,59
25	12,00	9,60
30	13,15	10,52
35	14,20	11,36
40	15,19	12,14
50	16,97	13,56
60	18,60	14,85
75	20,78	16,61
100	24,00	19,20
150	29,40	23,62
200	33,90	27,12
250	37,95	30,16
300	41,60	33,12
500	53,65	42,80

Натяжение тросов на кривых ввиду разнообразных способов подвески: простыми оттяжками, параллелограммом, треугольником

[1] Таблица взята из книги Васильева — Руководство для монтеров воздушной сети трамвая.

и пр. вычислять лучше всего в каждом отдельном случае графическим методом путем сложения и разложения сил. Высоты крепления хомутов для тросов на столбах будут неодинаковы и при определенной высоте подвески провода будут колебаться в зависимости от расстояний столбов от рабочего провода. Для определения высоты крепления хомута при определенной высоте подвеса провода существует таблица, дающая высоту крепления хомута при определенном расстоянии оси пути от столба.

Проволока для оттяжек желательна стальная, оцинкованная, сечение 5—7 *мм*, сопротивление 70—100 *кг/мм*², при удлинении в 5%.

На узлах, где сходятся несколько путей при троллее, устанавливают специальные медные стрелки и крестовины.

При бугеле монтаж узлов производится методом сближения проводов и схватывания их особыми стяжками. Стяжки ставят при условии, если угол перегиба провода не меньше 125°. Свободные концы проводов через изоляторы и натяжные муфты крепятся к столбам. В местах сближения проводов ставят перемычки для свободного прохождения тока. При угле перегиба проводов менее 125° приходится делать пересечение проводов без их сближения и тогда для возможности прохода дуги ставят два добавочных провода снизу сети и при помощи особых схваток прикрепляют их к основным проводам.

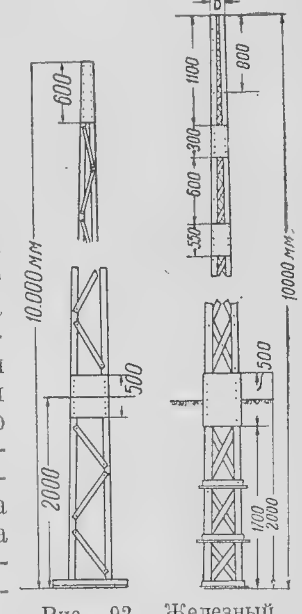


Рис. 92. Железный решетчатый столб.

На конечных пунктах провода закрепляются к конечным столбам с помощью натяжных изоляторов. По всей линии через каждые 500 *м* провода прикрепляют к столбам во избежание сильного провеса при обрыве провода. В местах установки секционных изоляторов также для уменьшения силы растяжения этих изоляторов ставятся растяжки к столбам.

Столбы для крепления тросов употребляют или металлические или деревянные. Деревянные столбы устанавливаются на загородных линиях. Применяются столбы сосновые, дубовые длиной от 8,70 до 9,10 *м*, причем над землей оставляют столб высотой 7,20 *м* (по Эртели), сечение в верхнем отрезке от 150 до 200 *мм*.

Для удлинения срока службы деревянных столбов рекомендуется их пропитка креозотом или другими предохраняющими от гниения веществами.

В центре города обыкновенно устанавливаются металлические столбы — трубчатые и решетчатые. Трубчатые столбы применяются стальные цельнотянутые. Решетчатые столбы (рис. 92) делаются на усилие от 500 до 2000 *кг*; они дешевле трубчатых столбов той

же мощности. Столбы укрепляются в грунте на глубину 2 *м*, а деревянные столбы имеют распорки из брусков (в яме), или ставятся на кусках старых рельсов. Срок службы железных столбов в пять раз более сосновых.

Деревянные столбы употребляются для усилий до 500 *кг*, иначе они уже требуют анкеровки.

Очень часто подвеску проводов производят на кронштейнах, изготовляемых из уголкового или швеллерного железа.

Особую конструкцию имеет подвеска рабочего провода на разводных мостах и под путепроводами. При проходе трамвайных линий под телефонными и телеграфными проводами устраивают отбойные провода, т. е. над проводами трамвая натягивают добавочные провода параллельно проводам трамвая и их надежно заземляют. Если провод линии связи оборвется, то он упадет на заземленный отбойный провод и если при этом он одновременно коснется провода трамвая, то перегорит, не причинив вреда обслуживающему персоналу и аппаратам линии связи.

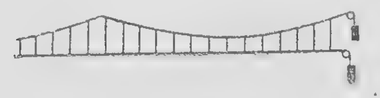


Рис. 93. Компенсированная цепная подвеска.



Рис. 94. Полукомпенсированная цепная подвеска.

Особо стоит вопрос о применении на трамваях цепной подвески проводов. При цепной подвеске провода пролет между столбами увеличивается и провод рабочий, при помощи так называемых струнок, подвешивается к тросу, идущему на всем протяжении над проводами. При этой подвеске пролет между столбами делается в 60—100 *м*, а рабочий провод на струнках подвешивается на расстоянии 7—10 *м*. Благодаря этому число столбов сокращается вдвое, а провес рабочего провода уменьшается, что влечет за собой сокращение стоимости столбов вдвое и уменьшение износа провода. Трос натягивается с силой около 600 *кг*. Зигзаг устраивается при цепной подвеске так же, как и при обычной, но так как вспомогательный трос натягивается по оси пути, то отклонение рабочего провода достигается особыми железными штангами, шарнирно укрепленными с помощью изоляторов на столбах. Эти штанги (фиксаторы) имеют разную длину и отводят провод на нужную величину в том или ином месте от оси пути, создавая зигзаг. Трос часто не изолируют от провода и он служит тогда питательным проводом, тогда он делается из бронзы или биметалла.

Иногда применяется автоматическая регулировка напряжения троса и провода с помощью грузов (рис. 93) и тогда подвеска называется компенсированной. Если автоматически регулируется натяжение только рабочего провода (рис. 94), то подвеска называется полукомпенсированной. При этих подвесках кронштейны делаются поворотными, так как провод смещается на 0,5—0,6 *м* на столбах близ грузов.

Рабочий провод в месте подвески охватывается особым зажимом, который поддерживается ввернутым в него изоляторным болтом.

Изоляторный болт представляет собой железный стержень, опрессованный изоляционной массой (каучук с серой). Болт в свою очередь вставляется в изолятородержатель, который бывает различных типов: для прямых участков пути, для кривых, для одного провода, для двух проводов, для тросов, для оттяжки и пр.

Изолятородержатель обхватывается тросом, который укрепляется или через изоляторную пряжку и натяжной изолятор к столбу, или через изоляторную пряжку и шумоглушитель к розетке, укрепляемой в стене дома.

При подвеске на кронштейнах короткий трос, держащий изолятородержатель, крепится с помощью изоляционных пряжек к кронштейну.

Для троллея требуются специальные крестовины при пересечении проводов и стрелки при ответвлениях.

В местах разделения питательных участков ставятся секционные изоляторы-выключатели. Они состоят из двух медных колен, стянутых изоляторными болтами. Снизу и сверху вставляются деревянные, из твердой породы, вставки, по которым проходит свободно токоприемник. С помощью особого ножа, помещенного сверху, секционный изолятор можно замыкать и размыкать.

Для отвода атмосферного электричества по линии устанавливаются на столбах громоотводы, причем один рог громоотвода насажен на изоляторе и соединен с рабочим проводом, а другой рог металлически соединяется с землей.

Наконец, на линии, в местах вывода питательных кабелей к рабочим проводам устанавливаются участковые рубильники для включения и отключения кабеля от сети проводов.

Питательный кабель выводится из-под земли в месте питания обычно в железной трубе на высоту 4—4,5 *м*. Здесь устанавливается участковый рубильник и затем кабель уже без брони, а в резиновой изоляции тянется по особому тросу к рабочему проводу и спускается к последнему в виде спирали, наглухо присоединяясь с помощью зажима.

Таким образом при подвеске изоляторный болт изолирует рабочий провод от троса, а пряжковые и натяжные изоляторы у столбов изолируют кроме того трос от столба или стены дома. Следовательно, рабочий провод изолирован от земли тройной изоляцией. При применении круглого провода, провод или впаивают в зажимы или зажимы делают с тонкими краями, которые при подвеске провода огибаются механическим молотком вокруг провода. Такое крепление пригодно для троллея, но для дуги не годится. Поэтому при бугеле употребляют почти исключительно профилированный провод и зажимы на винтах.

18. Работы по устройству контактной сети. Аварии и ремонт контактной сети

Установка деревянных столбов, упор к ним и анкеровка столбов производится как обычно для электрических сетей. Металлические столбы устанавливаются в бетоне состава 1 : 4 : 6 (цемент, песок, щебень). При бетонировке столба все время проверяется вертикальность его положения. Столб должен выстояться в бетоне 6—7 дней.

После установки столбов монтируют по длине линии поперечные подвески или кронштейны. Высота крепления троса на столбе или на стене дома равна 6,3 $м + {}^{1}/_{10}$ расстояния от оси пути до столба или дома. Установка поперечных подвесок производится или при помощи специальной автовышки, или монтажной тележки, продвигаемой лошадью. После установки подвесок разбивают хорды на кривом участке пути и заготавливают подвески и оттяжки на кривых. Затем с помощью платформы, на которой установлен барабан с троллейным проводом, провод раскатывают по длине линии. С движущейся по рельсам монтажной телеги (или, если путь уже замощен, то автовышка) подбирают провод и подвязывают его специальными скрепами к поперечным подвескам. Затем уже, после поднятия и временной подвески провода к поперечным подвескам, проходят вторично монтажной тележкой под проводом и устанавливают держатели изоляторов, изоляционные болты и зажимы. Одновременно окончательно монтируют кривые участка пути.

Чаще всего имеют место следующие аварии на сети:

1) обрыв оттяжки или подвески,
2) обрыв рабочего провода,
3) порча изоляторного болта и пряжки и замыкание на столб,
4) повреждение стрелки, крестовины и другой арматуры.

Для ликвидации аварий на воздушной сети аварийная автовышка должна работать в три смены, выезжая по первому требованию на место аварии.

Кроме исправления повреждений воздушной сети по вызовам с линии должно проводиться регулярное наблюдение за сетью и плановый ремонт ее в зависимости от количества времени работы пробежавших по сети дуг или роликов.

Надзор за сетью должен быть направлен к предупреждению могущих быть аварий. При осмотре проводится и ремонт замеченных неисправностей.

При осмотре в первую очередь обращают внимание на: состояние провода в местах подвесок, участковые изоляторы-выключатели, стрелки крестовины, подвеску на кривых и узлах, проверяют целость изоляторных болтов, пряжек, натяжных изоляторов и пр., правильность высоты подвески провода и зигзага на прямой.

Одновременно осматривается состояние троса.

Также проводится наблюдение за столбами в смысле вертикальности их положения, закрытия колпаками верхушек трубчатых столбов, исправности цоколей, целости деревянных столбов и пр.

При осмотре участковых изоляторов проверяется крепление провода, подходящих концов кабеля от рубильника, сменяется подгоревшая и износившаяся деревянная вставка в изоляторе. Участковые изоляторы осматриваются раз в 3 месяца. Износ провода проверяют у держателей изоляторов и в пролетах между ними.

Проверку износа провода делают каждый год до того момента, когда износ провода в сечении достигает 50%. Тогда уже проверку провода проводят и в пролетах. У держателей ставят подсилки. Если число подсилок на участке достигает 25—30% всего числа держателей изоляторов, то провод меняется. Во всяком случае провод меняется не ранее как после износа его сечения до 50 $мм^2$. На кривых и узлах проверку износа провода надо проводить 2 раза в год. Провод измеряется на износ микрометром. У держателей провод измеряется за 0,5 *м* до него по ходу токоприемника и через 1,5 *м* после него. Одновременно с проверкой износа провода осматриваются пересечения, подсилки и вставка проводов.

Крестовины и стрелки при троллее осматриваются 4 раза в год, причем проверяется правильность их расположения по отношению к пути, угол пересечения или ответвления, крепость и целость стрелки или крестовины и крепление проводов в них.

При вставке кусков провода необходимо производить пайку муфт оловом.

Проверка изоляции болтов в смысле ее механической прочности производится раз в год при осмотре износа провода.

Прочность боковой изоляции (пряжек, натяжных болтов) с электрической точки зрения проводится с земли при помощи штанги, навешиваемой на трос между проводом и столбом. По штанге проходит провод, на одном конце которого имеется крюк, которым штанга и подвешивается на трос. Другой конец провода присоединяется к рельсу через вольтметр.

Электрическая прочность изоляторных болтов проверяется включением вольтметра между троллейным проводом и тросом при изолированном тросе и тросе, соединенном с землей.

Одновременно с осмотром изоляции производится осмотр ушков держателей и завитков и колец, соединяющих трос с пряжками, и пр.

При осмотре кривых проверяют крайнее положение (вынос) провода по отношению к оси пути. Вставка бугеля должна свободно проходить и не бить по хвостам изолятородержателей. При ролике проверяют угол набегания ролика и длину хорды.

Зажимы проверяются на целость винтов в них и надежность их крепления.

Обращают внимание также и на целость оцинковки троса. Особое внимание надо обращать на положение столбов. Уход столба в сторону натяжения его приводит к расстройству всей сети. Если столб наклонился, то его в летнее время освобождают от нагрузки и регулируют его установку путем выправки анкером с подрытием и усилением фундамента.

Если на столбах имеются чугунные цоколи, то через 2—3 года они поднимаются и столб под ними очищается и прокрашивается.

Деревянные столбы, кроме вертикальности их установки, проверяются также на их прочность путем прощупки его шилом в опасном сечении. Шило не должно проходить более как на 1 *см*. Если шило проходит на 2 *см* и более столб заменяется новым.

19. Подземные кабели и их укладка

Кабельная сеть трамвая устраивается из кабелей с изоляцией из волокнистых веществ, пропитанных особым составом, причем для ограждения от сырости они снабжаются свинцовой оболочкой. Для предохранения свинцовой оболочки от химических воздействий почвы и электролиза она покрывается слоем асфальтового джута, а в целях защиты от механических повреждений поверх джута накладывается двойная броня из стальных лент.

Для подводки переменного тока высокого напряжения к подстанции употребляются трехжильные кабели на напряжение от 6000 до 10 000 *в*.

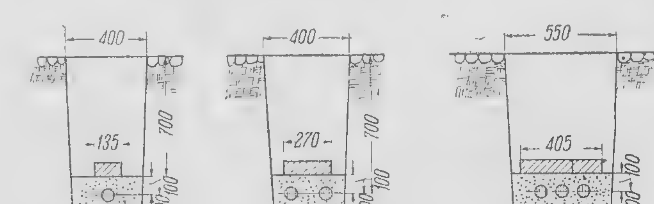


Рис. 95. Укладка кабелей в траншеях.

Для постоянного тока 600 *в* укладываются одножильные кабели для напряжения до 1000 *в*.

Кабели доставляются намотанными на деревянные барабаны. Строительная длина их 250—300 *м*.

На дне траншеи кабели укладывают на слое песка или просеянной земли.

Для устранения механических напряжений, вызываемых изменениями температуры, кабели прокладывают по слегка волнообразной линии. На уложенные кабели насыпается слой песка или просеянной земли толщиной 100—150 *мм*. Затем укладывается над кабелем дорожка из кирпича или бетонных плит. Ширина дорожки зависит от числа кабелей в траншее. После этого траншею засыпают землей с поливкой и трамбовкой ее.

Если в траншее проходят несколько кабелей, то их кладут на расстоянии не менее 100 *мм* друг от друга. Иногда между ними также кладут кирпичи на ребро. Глубина укладки кабелей — обычно 700—750 *мм* под уровнем мостовой (рис. 95).

Укладку кабеля часто проводят путем раскатки кабеля на специальной тележке прямо с барабана в канаву.

При раскатке надо следить за тем, чтобы кабель не скручивался и не образовывал петель. При изгибах кабеля надо соблюдать осо-

бую осторожность. Радиус закругления не должен быть меньше десятикратного диаметра кабеля.

Если устройство кабельной линии сопровождается большим стеснением движения, то в соответствующих участках кабельной линии часто применяют прокладку кабеля в трубах, каналах, обложенных кирпичом, и т. п. Каналы и трубы закладываются в часы минимума движения. Отдельные концы кабелей соединяют между собой при помощи чугунных соединительных муфт, назначение которых:

1) герметическое закрытие соединяемых концов кабелей для ограждения кабелей от проникновения влаги и от порчи изоляции,

2) создание прочного механического и электрического соединения концов кабелей с таким расчетом, чтобы при возможных перемещениях джута все растягивающие усилия передавались на железную броню кабеля, а не на соединенные концы.

Для этого в каналах муфт прокладывается просмоленный джут и муфты заливаются сверху через специальные пробки изолирующей кабельной массой. Электрическое соединение концов кабелей производится при помощи зажимов, которые не должны испытывать никаких усилий. Двумя чугунными хомутами муфта накрепко соединяется с железной броней кабеля так, что все натяжение передается железной броне кабеля.

Место прокладки кабеля точно нанесено на план местности, составленный в масштабе $^1/_{500}$ или $^1/_{250}$, причем для точного указания проложенного кабеля используются близлежащие фундаментальные сооружения.

Расположение муфт под землей точно фиксируется на плане прокладки кабельной линии.

Иногда на местах кабельных муфт устраиваются кабельные колодцы.

Выводы кабелей производятся в специальные кабельные киоски, где располагаются рубильники и предохранители и откуда уже кабели присоединяются или к воздушной сети или к рельсам (обратные кабели).

Повреждение кабельной линии, несмотря на тщательный монтаж муфт, большей частью бывает именно в местах кабельных муфт. Поэтому кабельные муфты следует ставить в возможно меньшем количестве.

20. Аварии с кабелями. Переключение участков сети при авариях. Отыскание мест повреждения и ремонт кабельной линии

Аварии с кабелями часто служат причиной нарушения на более или менее длительное время трамвайного движения. Несмотря на усиленную конструкцию кабелей как в смысле изоляции, так и механической защиты от повреждения, аварии с кабеля и на трамвайных предприятиях, где кабели служат 10—15 лет, неизбежны.

Характер повреждения кабелей постоянного тока бывает самый различный, начиная от мелких пробоев изоляции в том или ином

месте и кончая полным выгоранием куска кабеля длиной до 1 *м* и более.

Плохая, небрежная укладка кабелей в неподходящий грунт без песка, теснота укладки, перегруз кабелей, вредный химический состав почвы (аммиачные соли, кислотность и пр.), подпочвенные воды, механические усилия от обвалов и размывов почвы, переломы и крутые изгибы кабелей, небрежный монтаж муфт являются причинами, увеличивающими количество аварий с кабелями на трамвайных предприятиях.

Тщательное изготовление кабеля фабрикой из соответствующих материалов, бережная укладка его и аккуратный монтаж муфт, надежная защита кабеля и недопущение перегрузки на длительное время являются обязательными условиями для исправной и долговечной работы кабельной линии.

При повреждении кабеля трамвайной подземной сети, распределяющей энергию от подстанции к сети, особое значение имеет быстрое и правильное переключение отдельных участков сети для восстановления движения вагонов.

При сообщении с подстанции о том, что автомат того или иного фидера не поддается включению, бригада воздушно-кабельной сети, прибыв на данный участок сети, обязана осмотреть воздушную сеть и в случае, если не обнаружится короткого замыкания, необходимо выключить рубильник, соединяющий кабель с рабочим проводом. После этого сообщается на подстанцию о повторном включении фидерного автомата. Если автомат все же не поддается включению, это указывает на повреждение кабеля. Для восстановления движения отключенный от дефектного кабеля участок воздушной сети передают для питания или резервному фидеру, или, если такового нет, на соседний фидер. Для этого замыкают участковые изоляторы-выключатели.

Прежде чем передать нагрузку участка на соседний фидер, необходимо твердо знать, что он и его автомат смогут выдержать добавочную нагрузку. В противном случае соединяют в параллель еще один участок с его фидером и таким образом три участка воздушной сети будут питаться в параллель двумя фидерами с двумя автоматами.

Старший монтер, производящий переключение, должен быть опытен, находчив и твердо и точно знать устройство всей сети, нагрузки фидеров, их сечение, недогруз, перегруз фидеров и пр., а также схему движения вагонов и возможность пропуска маршрутов тем или иным обходным путем.

Если после включения на подстанции отключенного от сети кабеля его автомат будет держать, это указывает на то, что короткое замыкание имеется в воздушной сети. Если сеть в порядке, следует искать поврежденный вагон, который может давать короткое замыкание в сети.

Для этого на данном участке отводят от провода токоприемники всех вагонов и затем ставят их по одному и, приводя в движение вагон, обнаруживают тот из них, который является виновником корот-

кого замыкания на участке. Если участок, лишенный энергии, большой и имеет промежуточные изоляторы-выключатели (обычно во время нормальной работы замкнуты), то стараются разбить большой участок на ряд более мелких, включая эти более мелкие участки поочередно присоединением их через участковые изоляторы с соседними исправными участками воздушной сети. Таким способом можно наконец определить тот кусок сети, где имеется неисправность.

Дефектный кабель выключают во всех местах его присоединения.

Для питания небольшого количества вагонов на линии в ночное время работает только часть подстанций. Через один из фидеров работающей подстанции, путем замыкания участкового изолятора, ток передается на распределительную шину неработающей подстанции и в обычном порядке через автоматы попадает на все участки.

Утром при пуске всех подстанций участковые изоляторы, отделяющие район питания одной подстанции от другой, должны быть все вновь разомкнуты.

Если для ремонта шин подстанции таковые надо обесточить совершенно, то питание контактной сети производится при помощи ночной шины, через которую ток, полученный от другой работающей подстанции, может быть передан всем участкам сети.

При повреждении подземного кабеля необходимо определить место его повреждения.

При наличии небольшого числа муфт на кабеле и однородности его сечения по всей длине возможно определить с точностью до 2—3 *м* место повреждения кабеля особым прибором путем определения омического сопротивления его меди. Однако в большинстве случаев портятся кабели старой укладки, имеющие большое количество муфт, подчас неодинакового сечения.

При этих условиях аппарат не дает удовлетворительных результатов и место повреждения кабеля отыскивается методом постепенного сближения. Для этого поврежденный кабель, отключенный от сети и подстанции, примерно в середине его длины, на кабельной муфте делят на 2 участка. Индуктором или пропуском тока через электрический ламповый реостат определяют, в какой половине кабеля следует искать место короткого замыкания.

Тогда вновь открывают муфту посредине поврежденной половины кабеля и вновь определяют направление короткого замыкания с землей. Таким способом, уменьшая длину поврежденной части кабеля, находят место его повреждения. Поврежденный участок кабеля заменяют новым куском кабеля. Длина заменяемого куска зависит от местных условий: легкости разрытия, наличия кабеля, его стоимости и пр. Иногда выгоднее выбросить кусок кабеля длиной в 50—60 *м*, нежели сближать участок, копая ямы и ставя большее количество муфт.

21. Блуждающие токи и борьба с вредным влиянием их на подземные металлические трубопроводы

Рельсы трамвайных путей укладываются в земле не изолированно и поэтому часть обратного тока, идущего по неизолированному от земли рельсу, ответвляется в землю. Встречая расположенные вблизи рельсов металлические трубы (водопровод, канализация и др.), этот ответвленный ток течет по ним до того места, где к рельсам присоединен обратный (отсасывающий) кабель. Здесь ток из трубопровода возвращается снова в рельсы и обратный кабель, вызывая в месте выхода из трубопровода электролитическое разъедание, степень которого в той или иной точке обусловлена плотностью тока, вытекающего из трубопровода.

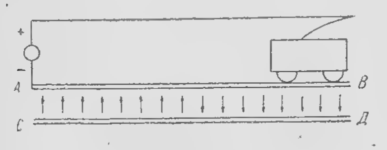


Рис. 96. Схема прохождения блуждающих токов.

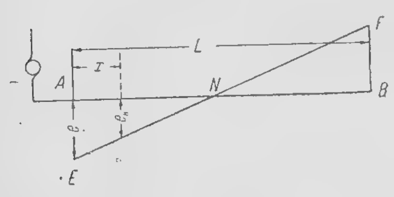


Рис. 97. Диаграмма распределения потенциалов в рельсовой сети при сосредоточенной нагрузке.

С точки зрения распределения энергии, земля увеличивает проводимость рельсового пути, снижая падение напряжения в рельсах, но с точки зрения целости водопроводных труб, свинцовых оболочек телефонных кабелей, газовых труб и пр. блуждающие токи крайне вредны и должны быть снижаемы до наименьшей величины.

Теоретически ток силой 1 *а* в 1 час разрушает и уносит с того металлического электрода, с которого он истекает: железа — 0,697 *г*, свинца — 3,858 *г*, меди — 2,355 *г*.

В зависимости от условий залегания кабелей и труб в земле, сухой или сырой, пропитанной солями и кислотами (в городах), эти цифры сильно колеблются в больших пределах. В насыщенной солями и кислотами почве городов наблюдаются разрушения труб под землей без всякого участия блуждающих токов трамвая.

Отсюда видно, насколько вопрос о блуждающих токах и их вредном влиянии на металлические трубопроводы не ясен и трудно поддается изучению.

Если представить себе участок пути *AB*, на конце которого движется вагон и параллельно рельсам проходит под землей металлическая труба *СД* (рис. 96), то на конце участка потенциал рельсов будет выше потенциала земли и трубы и ток будет ответвляться из рельсов и итти через землю в трубу. В половине пути, ближе к отсасывающему кабелю, наоборот, потенциал земли и трубы будет больше потенциала рельсов и ток из трубы будет возвращаться обратно в рельсы. Поэтому можно теоретически нарисовать диаграмму разницы напряжений между рельсом и землей, как указано на рис. 97.

Здесь $e = AE = FB$ — есть максимальная разность потенциалов. Теоретически

$$AN - BN = \frac{L}{2},$$

где L — длина участка.

Для любой точки e_x на расстоянии x от отсасывающего кабеля будет равно:

$$e_x = \frac{e\left(\frac{L}{2} - x\right)}{\frac{L}{2}} = \frac{e(L - 2x)}{L}.$$

Если:

R — сопротивление рельса на 1 *м* в омах,

I — ток в рельсе в амперах,

то e — максимальное падение напряжения на конце участка, равно:

$$e = K\frac{IRL}{2}.$$

Здесь K — коэфициент меньше единицы, учитывающей уменьшение падения напряжения в рельсе вследствие ответвления части тока в землю (блуждающего тока).

Обозначим сопротивление переходу тока от рельса к земле на 1 *м* рельса через r.

Тогда наибольший ответвившийся ток в землю (блуждающий ток) в конце линии будет

$$i_{max} = \frac{e}{r} = \frac{KIRL}{2r},$$

а ответвляющийся ток в любой точке на расстоянии x от обратного кабеля будет:

$$i_x = \frac{e_x}{r} = \frac{e(L - 2x)}{Lr} = \frac{K \cdot I \cdot R \cdot L \cdot (L - 2x)}{2L \cdot r} = \frac{K \cdot I \cdot R(L - 2x)}{2r}.$$

Большой ответвившийся ток в землю будет пропорционален площади треугольника, у которого один катет будет равен i_{max} и другой будет равен $\frac{L}{2}$, т. е.

$$i_{полн} = \frac{i_{max} \cdot \frac{L}{2}}{2} \cdot K' = KK'\frac{I \cdot R \cdot L^2}{8r} = K\frac{I \cdot R \cdot L^2}{r}.$$

Это последнее выражение и дает величину блуждающего тока.

Для равномерно распределенной нагрузки оказывается, что K равно около 0,06 и величина блуждающего тока будет:

$$i_{блужд} = 0{,}06\frac{IRL^2}{r}{}^{*}.$$

* Дубелир — Городские электротрамваи, стр. 380.

Из этого выражения видно, что величина блуждающих токов уменьшается при:

1) уменьшении длины участка L, т. е. при увеличении числа отсасывающих кабелей,

2) уменьшении R, т. е. сопротивлении рельсовой нитки,

3) уменьшении силы тока в рельсах, т. е. уменьшении числа вагонов на участке,

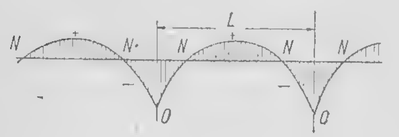


Рис. 98. Диаграмма распределения потенциалов в рельсовой сети при равномерно распределенной нагрузке.

4) увеличении переходного сопротивления от рельса к земле.

При увеличении числа обратных кабелей сила блуждающих токов уменьшается пропорционально кубу расстояния между обратными кабелями.

Распределение потенциала вдоль рельсового пути выражается эпюрой, представленной на рис. 98. Параболическая форма кривой обусловлена равномерно распределенной нагрузкой точки O— места присоединения обратных кабелей, точки N — нейтральные точки пути.

Если представить на плане распределение потенциала в земле вокруг рельсового пути, соединив кривыми эквипотенциальные точки земли и рельсового пути, то мы получим картину, показанную на рис. 99. Точки OO — места присоединения обратных кабелей. Точки NN — нейтральные точки пути.

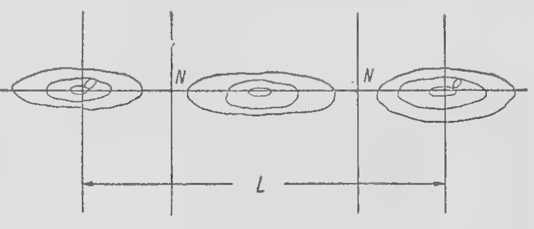


Рис. 99. Распределение потенциала в горизонтальной плоскости.

Если какая-либо труба расположена под землей так, что пересекает разные эквипотенциальные линии, то в ней неизбежно будет возникать ток, вызывающий электролиз и разрушение трубы даже если труба значительно отдалена от рельсового пути.

Нормы, действующие в СССР, требуют от трамвайных предприятий не превышать определенных величин блуждающих токов.

Нормируется напряжение в рельсах:

1) между двумя любыми точками разветвленной сети, при средней суточной нагрузке, падение напряжения не должно превышать 2,5 *в*;

2) на вылетных линиях падение напряжения не должно превышать 1 *в* на 1 *км*.

Требование определенной плотности тока, выходящего из трубы, а именно не более 0,75 миллиампер на 1 квадратный дециметр поверхности трубы не реально, так как не может быть измерено точно никакими существующими приборами.

Дрейер показал, что уменьшение падения напряжения вдоль рельсов, которое можно обнаружить при контрольных измерениях и которое может быть меньше допускаемых нормами, не доказывает благополучия положения с блуждающими токами, так как может быть вызвано большим ответвлением токов от рельсов.

Поэтому необходимо проверять действительные силы токов в рельсах и, сверяя их с проектными, устанавливать падение напряжения при этих токах. Определение токов делается или включением амперметров в разъединенные нитки пути или более приближенно — амперметрами или счетчиками амперчасов на обратном кабеле на подстанции. При последнем способе нельзя знать силу токов в рельсах на каждом участке пути.

Если в рельсовой сети действительные токи совпадают с расчетными токами, то падение напряжения на определенной длине пути может быть критерием для определения благополучия или неблагополучия с блуждающими токами.

Это падение напряжения измеряют путем контрольных проводов, идущих к местам присоединения обратных кабелей, узлам, конечным пунктам, точкам токораздела и характерным точкам рельсовой сети. На подстанции устанавливается измерительный аппарат (вольтметр с большим внутренним сопротивлением) и коммутатор. В определенное время измеряется потенциал всех точек, к которым подведены контрольные провода по отношению к одной определенной точке, потенциал которой условно принимается за нуль.

Если имеется несколько подстанций, то измерение производится на каждой подстанции своих контрольных точек. Каждая подстанция имеет свою условную точку, принимаемую за нуль.

Эти точки должны быть связаны между собой также контрольными проводами, чтобы все условные нули могли быть приведены к одному общему нулю, за который принимается одна из условных нулевых точек (нуль одной из подстанций).

Места присоединения обратных кабелей должны иметь одинаковый потенциал, для этого в кабели включаются регулирующие реостаты. Одинаковость потенциала определяется контрольными проводами с подстанции.

При обнаружении неблагополучия в каком-либо участке пути необходимо прежде всего обратить внимание на стыки рельсов. Сопротивление стыков проверяется особым прибором, причем сопротивление стыка не должно превышать 1,5-кратного сопротивления целого рельса.

Измерение проводимости стыков следует проводить также независимо от результатов проверки падения напряжения — раз в год.

Надо также проверять сопротивление обратных фидеров (т. е. проверять целость их изоляции и жил) путем измерения падения напряжения в них и силы тока. Падение напряжения в обратном кабеле определяется вольтметром, включенным между точкой присоединения кабеля к рельсу и обратной шиной. Зная падение напряжения в обратном кабеле и силу тока, можно определить его сопротивление.

Употребление в качестве обратных кабелей неизолированных проводников не разрешается.

Для определения распределения потенциала сети металлических трубопроводов и для обнаружения опасных зон переключают сеть контрольных проводов с рельсов на водопроводную сеть и проводят измерения с подстанции так же, как и в случае проверки падения напряжения в рельсах.

Опасные зоны, где подземные трубопроводы находятся под угрозой разъедания блуждающими токами, наиболее точно можно определить путем измерения потенциала между рельсами и трубами в определенных местах. Делается это обычно в местах, где на сети водопровода, телефона и пр. имеются колодцы.

Измерение производится включением точного вольтметра. Проведя ряд таких измерений, можно на данное время построить диаграмму распределения потенциалов между рельсами и проходящим вблизи трубопроводом, оболочкой телефонных кабелей и пр. В местах, где трубопровод положителен по отношению к рельсам, может иметь место электролиз.

Для предупреждения электролиза ранее практиковалось соединение рельсов в угрожаемых местах с трубопроводами медными проводами. Эта мера не может быть рекомендована, так как при таких соединениях происходит перераспределение потенциала в рельсах и трубах и разъедание труб может вновь появиться в другом месте, подчас совершенно неожиданно. Поэтому эта мера борьбы с электролизом труб теперь не применяется.

Имеется еще одно средство борьбы с электролизом — это изменение направления тока в сети.

На основании произведенных опытов оказывается, что если изменять направление тока раз в день, то вредное действие электролиза уменьшается в 4 раза; при изменении тока ежечасно действие электролиза уменьшается в 30 раз. При частом изменении направления тока разрушенные части труб успевают как бы вновь восстановиться. Поэтому переменный ток вовсе не вызывает явлений электролиза.

В заключение надо сказать, что наиболее действительные меры борьбы с блуждающими токами следующие:

1) достаточное число обратных кабелей и достаточное их сечение и изоляция,

2) исправное состояние стыков рельсов.

ГЛАВА III

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

1. Уравнение движения поезда

При включении электрического тока на валу тягового двигателя развивается момент вращения M, который выражается в килограммометрах следующей формулой:

$$M = \frac{N}{a} \cdot Ip\Phi \cdot \frac{10^{-8}}{2\pi g} \frac{60K}{2\pi n g}, \qquad (1)$$

где:

N — число проводов на якоре мотора,
a — число пар параллельных ветвей обмотки,
I — сила тока,
p — число пар полюсов,
Φ — магнитный поток,
K — потери в двигателе,
g — 9,81.

Этот вращающий момент при помощи зубчатых колес передается на вагонную ось, где реализуется в виде пары сил F, из коих одна будет приложена к центру оси, а другая — к ободу колеса в точке его касания с рельсом.

Эта пара сил вызовет вращение колес, а при наличии внешней силы Z (рис. 100), являющейся горизонтальной реакцией рельса на колесо, будут созданы условия для поступательного движения, которое по законам механики может возникнуть только в том случае, если не будет скольжения между колесом и рельсом, т. е. точка a касания колеса и рельса будет неподвижна по отношению к колесу.

Нормальное поступательное движение будет иметь место при условии, что

$$F \leqslant P\varphi. \qquad (2)$$

В случае, если $F > Z\varphi$, т. е. сцепление между колесом и рельсом будет недостаточно, произойдет скольжение колеса по рельсу.

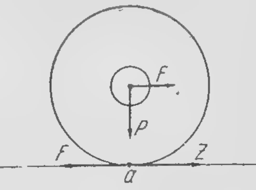
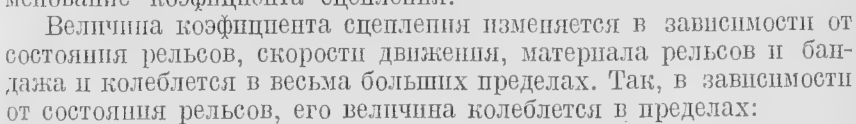


Рис. 100. Сцепление колеса с рельсом.

Этот коэфициент трения получил наименование коэфициента сцепления.



Величина коэфициента сцепления изменяется в зависимости от состояния рельсов, скорости движения, материала рельсов и бандажа и колеблется в весьма больших пределах. Так, в зависимости от состояния рельсов, его величина колеблется в пределах:

чистые сухие рельсы — 0,25—0,35, с песком 0,35 — 0,40,
чистые мокрые рельсы — 0,18 — 0,20, с песком 0,22—0,25,
покрытые изморозью рельсы — 0,15, с песком 0,30,
покрытые снегом рельсы — 0,10, с песком 0,15.

С увеличением скорости коэфициент сцепления понижается. Dover дает следующие значения для:

скоростей в *км/час* = 0 16 32 64,5 96,5
коэфициента сцепления = 0,25 0,18 0,14 0,1 0,09

Тяговые расчеты разрешаются на основании уравнения движения поезда. Уравнение движения поезда представляет изменение по времени скорости поезда в зависимости от массы его, преодолеваемого им сопротивления и выводится из закона живой силы.

Движение поезда состоит из поступательного движения массы поезда и относительного вращательного движения некоторых частей его, что должно быть полностью учтено при расчете живой силы поезда.

В общем виде живая сила или энергия движения поезда будет равна:

$$G = \frac{Mv^2}{2} + \sum \frac{J_1 w_1^2}{2} + \sum \frac{J_2 w_2^2}{2} + \sum \frac{J_3 w_3^2}{2},$$

где: M — масса поезда равна $\Sigma_{m1} + \Sigma_{m2} + \Sigma_{m3} + \Sigma_{m4}$,
m_4 — масса кузова вагона,
v — поступательная скорость движения,
m_1, J_1 и w_1 — масса, момент инерции и угловая скорость осей,
m_2, J_2 и w_2 — масса, момент инерции и угловая скорость якорей двигателей вместе с малыми зубчатыми колесами,
m_3, J_3 и w_3 — масса, момент инерции и угловая скорость больших зубчатых колес.

Обозначая через R — радиус колес, а через K — передаточное число зубчатого механизма, получим следующие выражения для угловых скоростей:

$$w_1 = \frac{v}{R} = w_3, \quad w_2 = w_1 K = \frac{v}{R} K.$$

Подставив эти значения в выражение живой силы, будем иметь:

$$G = \frac{v^2}{2}\left[M + \sum \frac{J_1}{R^2} + \sum \frac{J_2 K^2}{R^2} + \sum \frac{J_3}{R^2}\right].$$

Выражение в квадратных скобках, как видим, дает измерение массы. Можем положить

$$M + \sum \frac{J_1}{R^2} + \sum \frac{J_2 K^2}{R^2} + \sum \frac{J_3}{R^2} = M(1 + \nu).$$

Тогда выражение живой силы поезда будет

$$G = (1 + \nu) M \frac{v^2}{2}, \tag{3}$$

где ν называется коэфициентом инерции вращающихся масс поезда, характеризующим повышение инертности поезда в связи с наличием движений вращающихся масс.

Изменение живой силы равно работе равнодействующей силы, действующей на поезд.

При бесконечно малом перемещении поезда ds бесконечно малое приращение живой силы равно сумме элементарных работ всех приложенных сил

$$d\frac{(1 + \nu) Mv^2}{2} = (F - w)\, ds, \tag{4}$$

где:
F — сила тяги,
w — сопротивление движению.

Взяв диференциал левой части уравнения (4), получим приращение живой силы

$$(1 + \nu) Mv \cdot dv = (F - w)\, ds,$$

но так как

$$v = \frac{ds}{dt},$$

то

$$(1 + \nu)\, M \frac{dv}{dt} = F - w. \qquad (5)$$

Найденное выражение (5) есть основное уравнение движения поезда.

В это уравнение, определяющее зависимость между скоростью v и временем t, входят:

M — масса поезда,

ν — коэфициент инерции вращающихся масс,

F — сила тяги,

w — сопротивление движения.

Исчисляя вес поезда в тоннах, а тяговые усилия и сопротивление движению в килограммах, получим

$$\frac{1000\,(1 + \nu)}{g} \cdot (P + Q) \frac{dv}{dt} = F - w;$$

где:

P — вес моторного вагона,

Q — вес прицепного вагона,

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 *м/сек*^{2}.

Значение для коэфициента инерции ν, по данным проф. Лебедева, можно принять:

а) моторный вагон весом 12,5 *т*, при двух двигателях 43,5 *л. с.* с передачей 6,25 $\nu = 13{,}8\%$;

б) прицепной вагон весом 8,3 *т* $\nu = 5{,}5\%$;

в) поезд из моторного и прицепного вагонов $\nu = 10{,}5\%$.

2. Сопротивление движению

Обычно сопротивления, преодолеваемые поездом при движении, принято выражать в килограммах на каждую тонну веса поезда.

Эти сопротивления складываются из:

1) сопротивления пути,
2) сопротивления воздуха,
3) сопротивления от подъема,
4) сопротивления от кривых,
5) внутреннего сопротивления подвижного состава.

1) Сопротивление пути

Сопротивление пути складывается из следующих сил:

а) трение второго рода бандажей о рельсы,

б) трение первого рода бандажей и гребней о рельсы,

в) сопротивление от деформации пути,

г) сопротивление от стыков и неровностей пути.

Отдельные слагаемые сопротивления пути не поддаются точному определению, вследствие чего сопротивления этого порядка, по про-

водившимся наблюдениям на железных дорогах, принимают порядка 2,5—5 *кг* на 1 *т* веса поезда.

2) Сопротивление воздуха

Сопротивление воздуха, возникающее при движении поезда, зависит от давления его на лобовую поверхность вагона и от трения боковых поверхностей о воздух.

Величина этого сопротивления пропорциональна квадрату скорости движения поезда. Для определения этого сопротивления, отнесенного к тонне веса поезда, можно воспользоваться следующей формулой:

$$w_в = \frac{(as + 0,00618 \cdot f \cdot n)\, v^2}{Q} \text{ кг/т }^*,$$

где:

s — проекция лобовой поверхности вагона на плоскость, нормальную к направлению движения, выраженная в кв. метрах,

n — количество вагонов в поезде,

f — боковая поверхность вагона в $м^2$,

v — скорость движения поезда в *км/час*,

Q — полный вес поезда в *т*,

a — коэфициент, учитывающий форму торца переднего вагона.

В зависимости от формы, приданной лобовой части вагона, можно сократить сопротивление воздуха.

Значение коэфициента a для различных торцов вагонов (рис. 101) следующее: для а) $a = 1$, для б) $a = 0,87$, для в) $a = 0,64$, для г) $a = 0,31$, для д) $a = 0,29$.

Рис. 101. Формы торца кузовов.

При опытном испытании, произведенном на линии Ленинградского трамвая, сопротивление вагона при встречном ветре в 15 *м/сек* увеличилось — при скорости 0 на 4 *кг*, а при скорости вагона 10 *м/сек* на 9,5 *кг*.

3) Сопротивление от подъема

При движении поезда на подъем сопротивление движению увеличивается. Если приложенную к центру тяжести вагона силу 1000 Q *кг* (рис. 102) разложим на две, то составляющая силы тяжести, направленная перпендикулярно к пути, равна:

$$Q_1 = 1000\, Q \cos \alpha,$$

* Проф. В. А. Шевалин — Тяговые расчеты электрических ж. д. и трамваев. 1931 г.

сила же, направленная параллельно пути, равна:

$$w_1 = 1000\, Q \sin \alpha.$$

Сила Q_1 представляет собой давление колес на рельсы и будет уравновешена реакцией рельсов. Сила w_1 будет направлена в сторону, противоположную направлению движения, и поэтому она представляет собой добавочное сопротивление движению.

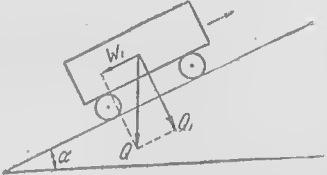


Рис. 102. Движение на подъеме.

Заменив, вследствие малого значения угла α, синус на тангенс, будем иметь: $w_1 = 1000\, Q \operatorname{tg} \alpha.$

При подъеме i, выраженном в тысячных,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{i}{1000},$$

а потому

$$w_1 = 1000\, Q \frac{i}{1000} = Qi \textit{ кг}.$$

Удельное сопротивление, выраженное в килограммах и отнесенное к одной тонне веса поезда, равно величине подъема в тысячных

$$w_1 = i \textit{ кг/т}.$$

При движении по спуску сила w_1 будет способствовать движению, и в этом случае

$$w_1 = -i.$$

4) Сопротивление от кривых

Сопротивление поезда при прохождении кривой складывается из трения гребня бандажа о рельс и трения, получаемого вследствие неравного пути, проходимого колесами. Благодаря развитию центробежной силы колеса вагона стремятся покинуть рельсы в сторону внешнего рельса. Борьба с этим явлением проводится путем поднятия внешнего рельса при укладке кривого участка пути.

Величина этого сопротивления зависит от радиуса кривой, ширины колеи, конструкции тележки вагона, скорости движения и пр.

Наиболее удовлетворительной, по получаемым результатам, формулой, при помощи которой определяют сопротивление движению на кривой, является формула Блонделя:

$$w_R = \frac{350 \cdot l}{R},$$

где:

l — ширина колеи,

R — радиус закругления.

Проф. А. Б. Лебедев при радиусах 16—18 *м* получал добавочное сопротивление до 30 *кг/т*.

5) Внутреннее сопротивление подвижного состава

Внутреннее сопротивление в моторном вагоне появляется вследствие трения в буксовых подшипниках и трения в отдельных меха-

низмах вагона, как-то: зубчатой передаче, осевом насосе. Последний вид трения, по опытным данным, может быть принят порядка 1,5—2,0 *кг/т*.

Сила трения в буксовых подшипниках выражается произведением нагрузки на шейку на коэфициент трения

$$T = \varphi P,$$

где:

φ — коэфициент трения,

P — нагрузка на шейку.

Относя эту силу к ободу колеса, получаем сопротивление движению, равное

$$w_B = T\frac{d}{D} = \varphi P \frac{d}{D},$$

где:

d — диаметр шейки оси,

D — диаметр колеса.

По опытным данным, величина коэфицпента трения составляет от 0,008—0,01.

Внутреннее сопротивление подвижного состава, зависящее от трения в буксах, достигает 1 *кг/т*.

Ряд авторов дает общие формулы для определения сопротивления движению, из коих наиболее распространенными являются формула Пфорра, относящаяся к движению без тока (выбегам):

$$w = 2,5 + \left[0,00015 + \frac{0,00813\,(n-1) + 0,0065\,s}{Q}\right] \cdot v^2;$$

формула Петрова:

$$w = 1,2 + \frac{0,9\,nv}{Q} + \frac{0,03\,(1 + 0,04\,n)}{Q}\,v^2;$$

формула Довера:

$$w = 1,8 + 0,015\,v + \frac{s}{Q}\,(0,0053\,\alpha + 0,000075\,nL)\,v^2,$$

где:

w — удельное сопротивление в килограммах на 1 *т* полного веса поезда,

Q — полный вес поезда,

v — скорость в *км/час*,

n — число вагонов в поезде,

s — проекция лобовой поверхности вагона на плоскость, нормальную к направлению движения в $м^2$,

L — длина одного вагона в *м*,

α — коэфициент, учитывающий форму торца поезда (см. ранее).

Следует иметь в виду, что вышеприведенные практические формулы относятся к прямому и горизонтальному пути при отсутствии ветра.

3. Диаграмма движения моторного вагона

Движение вагона на каком-либо перегоне можно изобразить графически, откладывая по оси абсцисс время движения, а по оси ординат — скорость движения.

Эта диаграмма (рис. 103) может быть разделена на элементы, характеризующие отдельные периоды движения, а именно:

а) пусковой период OB,
б) ускорение движения — линия OC,
в) движение без тока (выбег) — линия CD,
г) торможение — линия DE.

При сдвиге вагона с места моторы развивают наибольшую силу тяги, которая должна превысить сопротивление движению, но не превзойти величины сцепного веса, умноженной на коэффициент сцепления:

$$F \leqslant P\varphi.$$

Это условие приводит к заключению, что при сдвиге с места необходимо иметь возможно большее сцепление, что достигается возможно большим числом сцепных осей и возможно большим грузом, приходящимся на эти оси.

Величина коэффициента сцепления, колеблющаяся в широких пределах, может быть повышена путем посыпки рельсов песком.

В период ускорения вагон накопляет живую силу, причем моторы включают на полное рабочее напряжение не сразу, а постепенно, при помощи пусковых реостатов.

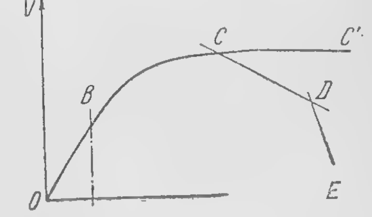


Рис. 103. Кривая движения моторного вагона.

За промежуток времени, когда бывают включены реостаты, вагону сообщается постоянное ускорение, и скорость возрастает по прямой OB. По выводе реостатов скорость возрастает не так быстро, и вагон развивает ускорение в соответствии с характеристикой двигателя (на диаграмме линия BC).

Когда тяговое усилие по величине сравняется с сопротивлением движению, скорость приближается к некоторому пределу и движение будет равномерным (на диаграмме линия CC').

Сила тяги, потребная в период ускорения, определяется из основного уравнения движения

$$F = \frac{1000\,(1+\nu)}{g} \cdot P\,\frac{dv}{dt} + w.$$

С увеличением силы тяги без соответствующего увеличения сцепного веса увеличения ускорения не произойдет, а получится скольжение колес, и работа двигателей частично пойдет на увеличение живой силы вагона, а остальное пойдет на увеличение живой силы вращающихся частей механизма и на трение колес о рельсы.

Величина начального ускорения имеет большое значение, так как от нее зависит средняя скорость движения, что особенно важно на участках пути с малой длиной перегонов.

До сих пор на трамвае величина ускорения не превышает 0,6 *м/сек*², хотя на новом подвижном составе стремятся поднять ее, ради увеличения средней скорости движения, до 1—1,5 *м/сек*².

В период выбега, когда вагон идет без тока, движение происходит за счет накопленной ранее живой силы, идущей теперь на преодоление сопротивления движению. Скорость движения в это время будет снижаться по линии *CD*.

В последний период движения вагон тормозится до полной остановки путем искусственного повышения сопротивления движению и скорость спадает по линии *DE*.

Величина силы торможения влияет на величину средней скорости вагона на коротких перегонах и увеличение тормозящего усилия выгодно с точки зрения повышения скорости. Однако, при механическом торможении колодками, тормозящее усилие не может быть повышено далее предела, зависящего от сцепления колес с рельсами, так как колесо в этом случае будет скользить по рельсу (юз). Остановка вагона не ускорится, а замедлится, так как коэфициент трения между колесом и рельсом будет меньше, чем коэфициент сцепления.

Величина замедления при торможении обычно берется в пределах 0,5—0,85 *м/сек*², и также имеет тенденцию быть повышенной до 1,5—2 *м/сек*².

ГЛАВА IV

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

1. Общие сведения

Трамвайные вагоны делят на следующие основные группы: 1) пассажирские, 2) грузовые, 3) специального назначения.

Пассажирские и грузовые вагоны состоят из моторных и прицепных вагонов. К вагонам специального назначения относятся: 1) снегоочистители, 2) технической помощи (аварийные), 3) с испытательной станцией, 4) с грузоподъемными кранами.

Моторный вагон состоит из кузова, поддерживаемого одной или двумя тележками. В тележках на осях помещаются тяговые двигатели.

Прицепные вагоны по своему устройству значительно проще моторных, так как в большинстве своем не имеют отдельных тележек.

По устройству кузова трамвайные вагоны бывают:

1) закрытые, получившие наибольшее распространение;

2) открытые, используемые некоторыми южными городами;

3) полуоткрытые — с обшивкой до окон; зимой эти вагоны превращаются в закрытые помощью приставных дверей и окон;

4) двухэтажные преимущественное распространение получили в Англии.

По устройству ходовых частей вагоны разделяются на двухосные и четырехосные.

Двухосные вагоны в свою очередь можно подразделить на:

а) вагоны без тележек (свободные оси),

б) вагоны на тележках.

2. Видоизменение типов трамвайных вагонов

Вагоны первых трамваев изготовлялись только двухосными, небольшой емкости — на 16—20 мест.

Этот тип вагонов не мог удовлетворить потребности населения больших городов, что и заставило строить вагоны с кузовом значительно больших размеров. Длина кузова двухосного вагона принимается от 9 до 11 *м* и для четырехосных вагонов от 12 до 15 *м* с числом мест для сиденья в двухосном вагоне 24—32 и в четырехосном от 38 до 54.

Ширина кузова составляла от 2 до 2,6 *м*.

Основными факторами, влияющими на экономичность эксплоатации трамвая в зависимости от типа вагона, являются: 1) емкость вагона, 2) вес порожнего вагона (тара), 3) скорость движения, 4) стоимость содержания и ремонта.

Поэтому в новейших конструкциях вагонов стремятся удовлетворить указанным условиям эксплоатации.

Размещение кузова большой длины потребовало увеличения расстояния между осями, и кроме того, благодаря увеличению тары вагона, значительно возросло давление на ось.

Дальнейшее стремление к увеличению вместимости вагона с одновременными требованиями увеличения скорости движения привело к необходимости перехода на четырехосный вагон с двумя или четырьмя моторами.

Такие вагоны имеют две самостоятельные тележки с небольшой базой. Каждая из тележек свободно вращается вокруг шкворня, прикрепленного к кузову вагона.

При устройстве четырехосных вагонов с двумя моторами и 4 колесными парами с одинаковыми диаметрами колес сцепной вес вагона падает до 0,5 его общего веса, что значительно понижает величину силы тяги.

Особую группу представляют двухосные вагоны без тележек, на свободных осях, в которых кузов подвешен непосредственно к буксовым рессорам.

Особенность вагона на свободных осях заключается в том, что при наличии нормального зазора между буксами и направляющими лапами оси могут поворачиваться на кривых и занимать радиальное положение. При значительных же зазорах между буксами и направляющими лапами оси могут принимать антирадиальное положение, чем ухудшается вписывание вагона в кривые.

Последнее десятилетие дало новые более совершенные образцы подвижного состава трамвая.

Конструкторы поставили основными задачами при разработке новых типов вагонов следующее:

а) Введение широких и емких вагонов облегченного веса, что достигается применением рациональных конструкций, применением материалов высокого качества и легких сплавов.

б) Колеса малого диаметра, быстроходные, вентилированные моторы и пр.

в) Увеличение мощности моторов, улучшение тормозов и устройство рационального расположения широких входных и выходных дверей, подножек и пр.

Увеличение мощности моторов дает возможность повысить пусковые ускорения. Хорошие тормозы позволяют увеличить максимальную скорость и повысить тормозные замедления. Низкие подножки и рациональное устройство дверей сокращает продолжительность стоянки вагона на остановках.

г) Упрощение и облегчение конструкции отдельных механизмов и частей вагона, дающие простоту обслуживания и экономию при ремонтах.

А. СОВРЕМЕННЫЕ ТИПЫ ВАГОНОВ

Американские вагоны последней конструкции, более других удовлетворяющие основным требованиям экономной эксплоатации вагонов, строятся большой емкости, шириной 2,5—2,6 *м*, длиной до 15 *м*. Вагоны преимущественно четырехосные, двухтележечные, с колесами диаметра обычно 660 *мм*.

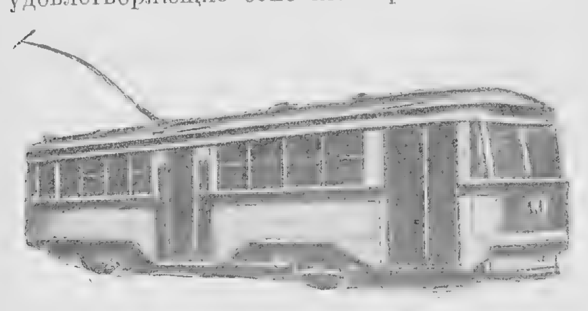


Рис. 104. Вагон типа «Peter Witt».



Рис. 105. Тележка вагона «Peter Witt».

Большое распространение получил вагон системы «Peter Witt» (рис. 104), по типу — односторонний, со входом через переднюю площадку и выходом через среднюю дверь. Место кондуктора отгорожено барьером и находится у выходных дверей. Подножка совершенно закрывается снаружи дверью, причем приборы управления вагоном и механизмы для открывания и закрывания дверей блокированы. Дверной механизм действует от электрического или воздушного привода. Крыша арочного типа. Остов кузова целиком выполнен из металла. Длина вагона 13,5 *м*, ширина 2,35 *м*. Всего мест для сидения 47, полная емкость вагона 100—120 мест. Вес вагона 14,8 *т*. Расстояние между осями тележки (рис. 105) 1,625 *м*, расстояние же между центрами тележек — 7,2 *м*.

Эксплоатация этих вагонов показала, что они полностью удовлетворяют техническим требованиям и удобствам пассажиров — снабжены мягкими диванами, электрическим отоплением, хорошей вентиляцией, бесшумны и эластичны на ходу.

Вагон системы «Блэкголл», эксплоатируемый в Чикаго (рис. 106), имеет двухосную тележку, односторонний и обслуживается одним человеком. Для облегчения веса вагона широко применено использование алюминиевого сплава, из которого изготовлены: рама кузова, потолок, оконные рамы, кронштейны и пр.

Длина вагона 10,980 *м*, ширина 2,593 *м*. Мест для сидения 40, полная емкость 100 мест. Вес вагона 7945 *кг*.

Тележка (рис. 107) имеет две полугибких оси с червячной передачей. База тележки 3,335 *м*. Подшипники роликовые. Диаметр колес 559 *мм*.



Рис. 106. Вагон «Блэкголл».

Начиная с 1926 г., вагоностроительные заводы Европы и Америки начали широко применять алюминиевые сплавы, из которых изготовляются: кузов, тележка, обшивка кузова, шестеренные кожухи и вся арматура.

В зависимости от рода и назначения частей применяются различные сплавы (табл. 10).



Рис. 107. Тележка вагона «Блэкголл».

Таблица 10

№ п/п.	Обозначение сплава	Уд. вес	Сопротивление на разрыв в *кг/мм²*	Предел упругости в *кг/мм²*	Удлинение %	Модуль упругости	Твердость по Бринелю	Назначение
1	17/S	2,79	38,6—42,2	21—28	18—20	700 000	59	Для листов
2	15/S	2,79	38,6—42,2	21—28	16—18	700 000	59	Для поковок
3	51/S	2,69	28,35	21—28	10—12	—	59	Для труб
4	195	2,77	19,7—21,1	10,5	6	—	59	Для литья

В табл. 11 приведены сравнительные данные для железного и для облегченного вагона одинаковой емкости.

Таблица 11

Части вагона	Железный вагон	Облегченный вагон
	Вес в *кг*	
Кузов вагона без тележки и электрооборудования	8 330	6 290
Тележки без электрооборудования	5 490	3 720
Моторы с принадлежностями	4 190	2 590
Контроллеры с принадлежностями	590	375
Воздушный тормоз с трубопроводом	800	591
Отопление	202	173
Вес вагона с оборудованием	19 602	13 739

Вагон Ливерпульского трамвая имеет две тележки. На каждой из них устанавливается один мотор, расположенный вдоль вагона. На концах якорного вала имеется винтовая коническая передача; большое зубчатое колесо этой передачи посажено на оси, а между концами втулки и ближайшим колесом устроена гибкая связь, посредством которой вращение втулки передается колесам.

Тележка не имеет самостоятельной рамы. Роль последней выполняет кожух мотора и соединенные с ним картеры зубчатых передач; вся конструкция опирается на оси через посредство 8 спиральных пружин.

Кузов вагона, в свою очередь, опирается через две солидные спиральные пружины на две больших полуэллиптических листовых рессоры, расположенных выгибом кверху, а концами опирающихся на приливы картера. Таким образом к неподрессоренному весу относятся только оси с колесами и буксами.

Нижняя часть картера представляет собой масляную ванну, откуда автоматически смазываются две движущиеся части передачи.

Тормозы обыкновенные с колодками, действующими на бандажи колес.

Основные данные вагона Ливерпульского трамвая:

Полная длина вагона	11,3 *м*
Полная ширина вагона	2,17 *м*
База тележки	1,27 *м*
Между центрами тележек	5,34 *м*
Диаметр колес	610 *мм*
Мощность мотора	45 *квт*
Емкость вагона	44 места

3. Конструкция трамвайных вагонов

Прежде чем приступить к рассмотрению устройства и оборудования трамвайных вагонов, нашедших широкое применение в СССР, а также расчетного обоснования этого оборудования,

следует кратко ознакомиться с конструкцией старых типов трамвайных вагонов, еще до сих пор имеющих применение на некоторых трамваях.

Б. СТАРЫЕ ТИПЫ ТРАМВАЙНЫХ ВАГОНОВ

1. Кузов вагона

Основанием кузова служит железная рама (рис. 108), представляющая собой систему продольных и поперечных балок, связанных между собой по концам и посредине.

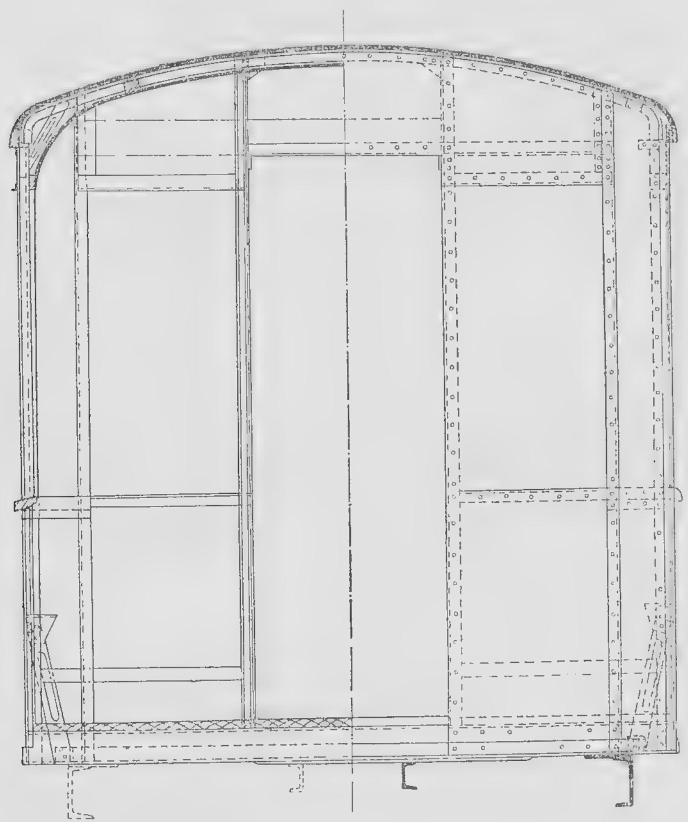


Рис. 108. Рама вагона.

Площадки поддерживаются обыкновенно четырьмя продольными балками, скрепленными с основными балками рамы кузова угольниками и накладками. К этим балкам прикрепляются отбойные брусья площадки.

Продольные балки рамы кузова иногда поддерживаются шпренгелями, служащими для уничтожения прогиба концов балок (рис. 109).

Кузов вагона, подвергаемый значительным усилиям, действующим на него, должен обладать достаточной жесткостью и прочностью.

В вагонах старой конструкции остов кузова делался деревянный. Угловые и оконные дубовые стойки связываются между собой верхними и нижними продольными и поперечными обвязочными дубовыми брусьями. Все соединения стоек с обвязочными брусьями делаются на шипах и укрепляются металлическими угольниками. В нижней части кузова устанавливаются добавочные стойки.

Крыша составляется из продольных и поперечных обвязочных брусьев и дубовых дуг, согнутых на пару, причем часть этих дуг армируется железом для придания крыше большей жесткости. Вся крыша вагона имеет обшивку из сосновых досок в шпунт и покрывается слоем брезентового полотна, натянутого на обшивку. Готовая крыша окрашивается 2—3 раза.

Пол вагона состоит из досок, соединенных между собой в шпунт. В полу над моторами и шестеренными кожухами делаются люки с крышками. На пол вагона привинчиваются деревянные планки трапецоидального сечения (мат). Над колесами в полу сделаны надколесные кожухи.

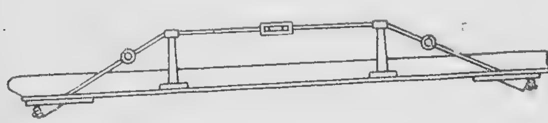


Рис. 109. Шпренгель.

Козырьки крыши над площадками поддерживаются стойками, одновременно служащими каркасом для остекления. Нижняя часть площадки, под остеклением, состоит из перонного железного листа, толщиной 2 *мм*. Входные и выходные двери на площадках делаются задвижными или створчатыми.

Оконные рамы скрепляются в углах на шурупах при помощи угольников. Стекла вставляются на резиновых прокладках специального профиля.

Двери кузова делаются обыкновенно задвижными, подвешенными сверху на роликах.

Наружная обшивка кузова делается из листового железа толщиной 1,5 *мм*. Листы обшивочного железа прикрепляются к стойкам. Швы обшивочных листов закрываются деревянными или железными штабиками.

Вся отделка внутри кузова вагона делается из дерева и лакируется. Потолок делается из линолеума или фанеры. Диваны для сидений располагаются поперек или вдоль вагона. При продольном расположении диванов вместимость кузова увеличивается за счет стоящих пассажиров.

2. Вагонные тележки

Тележки моторных вагонов служат для передачи веса кузова вагонным осям; кроме того в тележках размещаются моторы и ходовые части вагона.

Расстояние между центрами осей колесных пар называется базой *B*.

Размер базы оказывает большое влияние на ход вагона; чем больше база, тем ход вагона спокойнее, но, с другой стороны, при большой базе вагон хуже вписывается в кривые малого радиуса.

Опытными данными установлена следующая зависимость между радиусами кривых и жесткой базой тележки:

радиус кривой в *м*	13	15	18
база тележки в *м*	1,6—2	1,8—2,2	2—2,4

Размер базы определяется по формуле:

$$B = 2\sqrt{R \cdot Z},$$

где:

R — наименьший радиус кривой в *м*,

Z — зазор между ребордами колес и рельсом, который берется в пределах от 0,010 до 0,0317 *м*.

Одним из факторов, обусловливающих спокойный ход вагона, является отношение полной длины вагона к его базе. При большой длине вагона и незначительной базе спокойный ход вагона не может быть обеспечен вследствие продольной качки, углубляемой неровностями пути, разбитыми стыками и выбоинами на поверхности рельсов.

Эта качка и виляние вагона будет тем больше, чем меньше база тележки и чем больше скорость движения вагона.

Пределом отношения длины кузова вагона к базе при скоростях 30—35 *км/час* считают 1 : 3,5.

Применяемые в трамвайных вагонах тележки, весьма разнообразные по своей конструкции, бывают двухосные и одноосные.

Двухосные тележки имеют жесткую или полужесткую базу.

а) Т е л е ж к а с ж е с т к о й б а з о й з а в о д а «Peckham». Тележки этого типа (рис. 110) строятся с базой от 1,68 до 2,13 *м*. Основные продольные боковые рамы тележки представляют собой клепаную ферму из плоского железа; буксовые лапы отлиты из стали.

Рис. 110. Тележка «Peckham».

По концам рама тележки связана поперечными швеллерами. Рама опирается на буксы при помощи двойных спиральных пружин, вложенных одна в другую и навитых в разные стороны, во избежание передачи буксам кручения.

Кузов прикрепляется к планкам, которые поддерживаются рамой при помощи четырех спиральных пружин и двух листовых рессор. Крайняя пара спиральных пружин служит для уменьшения продольного качания кузова.

При малых нагрузках вес кузова воспринимается эллиптическими рессорами, при возрастании нагрузки вступают в действие спиральные пружины.

Основным отличием этих тележек являются буксовые лапы, позволяющие осям перемещаться друг относительно друга параллельно, а не поворачиваться. Вначале тележки «Peckham» получили в Ев-

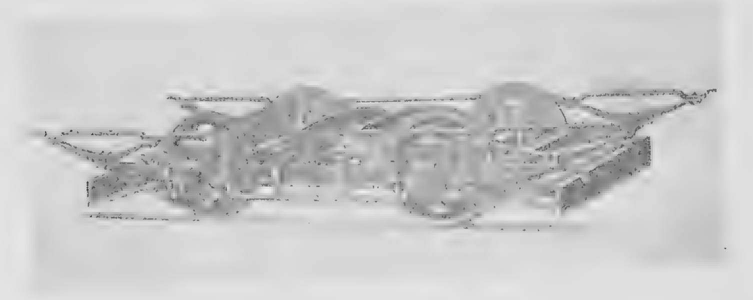


Рис. 111. Тележка «Бриль».

ропе большое распространение. Однако в эксплоатации было установлено, что вагоны на тележках «Peckham» дают значительный износ рельсового пути.

б) Т е л е ж к и с р а д и а л ь н ы м и о с я м и з а в о д а «Б р и л ь». Тележка завода «Бриль» (рис. 111) с колесами диаметром 750 *мм* и базой 3 *м* проходит кривые пути радиусом 8 *м*.

В этих тележках боковые балки около букс образуют широкие обоймы так, что буксы имеют свободное продольное и поперечное перемещения в раме тележки.

Рис. 112. Одноосная тележка Беккера.

Буксы имеют боковые кронштейны, на которые опираются пружины с проходящими через них маятниковыми подвесками. Верхняя часть подвески в виде полусферы, а нижняя часть входит в цилиндрические гнезда подбуксовой распорки.

На прямом пути маятниковые подвески стоят вертикально; на кривом пути — центробежная сила заставляет тележку и шкворень, укрепленный в центре поперечины, связывающие две боковые балки тележки, переместиться несколько во внешнюю сторону от оси тележки, что принуждает колесные оси принять радиальное положение по отношению к центру кривой пути. При этом отклонении маятниковые подвески принимают наклонное положение. Как только тележка вышла на прямой путь, центробежная сила перестает действовать, а тележка и кузов вагона стремятся привести

маятниковые подвески в вертикальное положение, и тележки при этом занимают нормальное положение.

в) Одноосная поворотная тележка системы Беккера. Тележка Беккера (рис. 112) состоит из двух боковых стальных литых балок, скрепленных между собой поперечными балочками коробчатого сечения помощью стальных литых кронштейнов. Одна пара поперечных балок имеет подпятники *1* шарового пятника, прочно скрепленного с рамой вагона. Другая пара поперечных балок имеет эксцентриковые опоры *2*. Боковые балки тележки снабжены направляющими, в которых находятся буксы *3*. Каждая балка тележки опирается на буксу с помощью листовой рессоры и двух спиральных пружин.

Толчки от колеса, передаваемые буксой, воспринимаются сначала плоской рессорой, а затем уже в ослабленном виде передаются спиральным пружинам и через них рамам тележки. Тележки же,

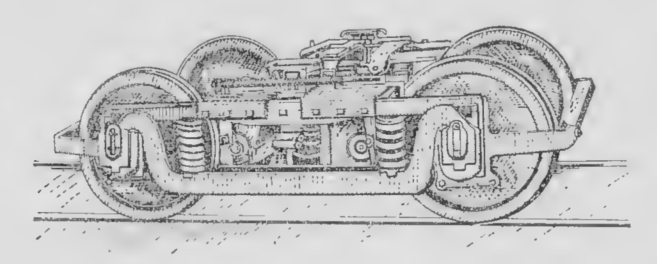


Рис. 113. Тележка Пульмана.

получившие таким образом ослабленные толчки, передают их раме вагона не непосредственно, а через рессору и пружины подпятника и маятниковых опор.

Тележки Беккера в эксплоатации себя не оправдали. При износе поверхностей эксцентриковых опор и при отсутствии в них достаточного количества смазки тележки Беккера при вписывании в кривые занимают антирадиальное положение, что вызывает повышенный износ бандажей колес и рельсов на кривых. Вторым недостатком тележки Беккера является высокая посадка кузова, что вызывает неустойчивое положение вагона и при больших скоростях — опрокидывание его. Кроме того, тележка Беккера вызывает виляние вагона при выходе из кривых, а также на прямых участках пути.

г) Тележка Пульмана. Тележка Пульмана (рис. 113) относится к типу тележки с двойной системой рессорного подвешивания, что обеспечивает спокойный ход вагона при больших скоростях.

Первая система эллиптических рессор, расположенная в средней части тележки (люльке), передает нагрузку от рамы кузова на раму тележки.

Нижний люлечный брус подвешивается к раме тележки на наклонных подвесках, которые позволяют ему перемещаться поперек тележки.

Вторая система спиральных пружин установлена между продольной боковиной тележки, опирающейся на буксу, и буксой; эта система передает нагрузку на буксы.

Люлечные рессоры значительно смягчают передачу боковых ударов кузову, получаемых при прохождении вагонов по кривым с большой скоростью.

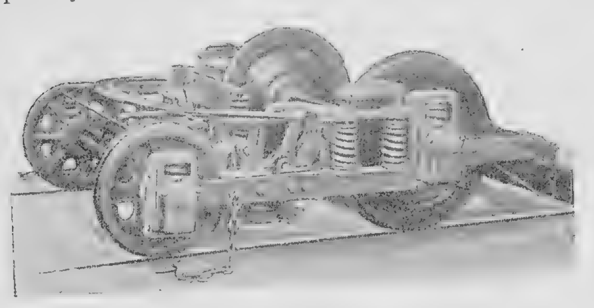


Рис. 114. Тележка максимальной тяги.

Вторая система подвешивания (спиральные пружины) уменьшает вертикальные колебания люльки, получаемые при проходе вагона по стыкам и неровностям пути.

Осью вращения тележки по отношению к раме кузова служит круглый шкворень, проходящий через надрессорный люлечный брус.

д) Тележка максимальной тяги. Эта тележка (рис. 114) применяется на четырехосных вагонах, оборудованных двумя моторами.

Особенность тележки состоит в том, что она имеет одну ведущую ось, и другую, с колесами меньшего диаметра, поддерживающую и направляющую тележку.

Рама тележки делается клепаная из листового железа или отлитая из стали.



Рис. 115. Тележка стандартного вагона.

На боковинах рамы размещаются пружины, поддерживающие подушки, укрепленные к раме. В вырезах над буксами помещаются также спиральные пружины.

Кузов соединяется с тележкой при помощи шкворня, который входит в отверстие ползуна и вместе с этим ползуном вращается в дуговой кулисе. Кроме того кузов поддерживается подушками.

Основным недостатком этих тележек является то, что поддерживающая колесная пара сильно разгружена и при толчках на кривых вагон может сойти с рельсов.

с) Тележка с жесткой базой. Основные продольные боковины тележки с жесткой базой (рис. 115) штампуются из листового железа. Надбуксовые вырезы усилены гнутыми угольниками, огибающими буксовый вырез. Для направления букс в вырезы устанавливаются на точеных болтах сменные направляющие.

Низ буксового выреза замыкается подбуксовой распоркой, состоящей из углового железа с приклепанной к нему планкой; планка распорки пригоняется точно по вырезу, имеющему в этом месте точный размер по шаблону; подбуксовая распорка ставится на точеных болтах.

Поперечные балки между боковинами — из коробчатого железа. Крайние снабжены диагоналями из углового железа; средние спарены в вертикальной плоскости с помощью штампованных распорок и раскосов из углового железа; вследствие этого из двух балок образуется одна общая балка усиленного сечения, которая служит для подвешивания мотора и компрессора. Внизу консольной части боковины тележки схватываются поперечной балочкой, расположенной возможно ближе к колесной паре.

Подкузовные рессоры по ширине вагона расставлены так, что они поддерживают кузов вблизи его края.

Рессора помещается на угловой консоли тележки, образуемой концом поперечной крайней балки и угольником. На крайних поперечных балках тележки вблизи подкузовных рессор прикрепляются гнезда для кузовных шкворней, центрирующих кузов на тележке; шкворни закрепляются в стальных кронштейнах, прикрепленных к крайним подплощадочным швеллерам.

3. Характерные данные вагонов старого типа

На первых трамвайных вагонах передача движения от мотора к оси производилась при помощи двойной зубчатой передачи. Впоследствии общераспространенной стала одинарная зубчатая передача.

Торможение вагона производится ручными или воздушными тормозами, передающими давление на бандажи колес через систему тяг и рычагов.

Основные размеры и вес вагонов представлены в табл. 12.

4. Механическое оборудование

1. Колесные пары

Колесная пара состоит из оси с насаженными на нее двумя колесами (рис. 116). В средней части ось моторного вагона имеет шлифованные места для подшипников мотора и шпоночные канавки для моторных шестерен и для компрессора. Шейки оси изготовляются по форме и размерам, соответствующим типу применяемых букс. Колесный центр насаживается на ось под давлением, равным от 30 до 50 *т*. На обод колесного центра надевается в горячем состоянии бандаж. Съемный бандаж делается с целью предохранения обода ко-

Таблица 12

№ п/п.	Города	Тип вагона	Число осей	Число мест для сиденья	Общая длина в *м*	База в *м*	Вес в *т*	Вес на 1 место для сиден. в *кг*
1	Москва	Закрытый	2	26	10,40	3,60	16,5	634
2	Ленинград . .	»	2	24	8,87	3,30	12,0	500
3	Ростов-на-Дону	»	2	20	7,40	1,80	8,8	440
4	Смоленск . . .	»	2	16	6,22	1,70	8,0	500
5	Рига	»	2	20	8,20	0,80	8,7	435
6	Либава	»	2	20	6,55	1,75	7,5	375
7	Париж	»	4	30	12;30	6,43	—	—
8	Вена	»	2	24	10,90	3,60	10,8	450
9	Люцерн. . . .	»	2	16	6,86	1,80	7,2	450
10	Берн	»	4	30	10,90	6,80	11,9	400
11	Чикаго . . .	»	4	52	13,10	6,70	22,0	425
12	Филадельфия .	»	4	40	11,58	—	14,3	355

лесного-центра от изнашивания. В американской практике получили применение чугунные колеса (Гриффина) без бандажей. Рабочая поверхность обода в них закалена с глубиной закаленного слоя по поверхности катания от 12 до 25 *мм*.

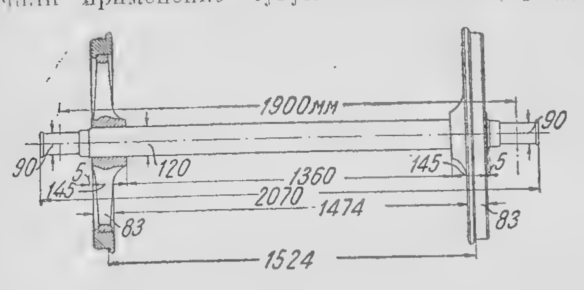


Рис. 116. Колесная пара.

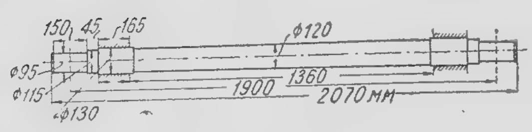


Рис. 117. Ось.

2. Оси

Нормальные оси изготовляются с буртиками (рис. 117) в случае применения скользящих буксовых подшипников и без буртиков — при постановке роликовых подшипников. Буртики служат для ограничения перемещения подшипников вдоль оси при боковых колебаниях кузова во время хода вагона. Оси должны быть изготовлены из литой стали путем проката и проковки. При испытании на разрыв осевая сталь должна дать 50—60 *кг/мм*^{2} временного сопротивления и не менее 18% относительного удлинения.

По принятым нормам при пробе на удар черной оси таковая должна выдерживать 5 ударов бабы весом 500 *кг*, падающей с высоты 6 *м* при диаметре оси в чистоте 120 *мм* и с высоты 5 *м* при диаметре оси в чистоте 110 *мм*. Расстояние между опорами при испытании должно быть 1200 *мм*.

На чисто обточенных осях не должно быть никаких пороков в виде трещин, волосовин и т. д.

При обработке оси с торцов делается центровая заточка по размерам, указанным на рис. 118.

Вагонная ось при работе испытывает напряжение от следующих усилий:

1) статического давления от веса вагона и нагрузки, передаваемой на шейки оси;

2) вертикального удара при проходе стрелок, крестовин, стыков и т. п.;

3) скручивающего усилия от работы двигателей и тормозов;

4) усилия от центробежной силы при ударе реборд колес о контррельс на кривых;

5) усилия от давления ветра на боковую поверхность вагона.

Расчет оси производится следующим образом:

1. Статическая нагрузка на шейку оси будет:

$$P = \frac{Q + G}{4},$$

где:

Q — вес вагона без половины веса моторов,

G — вес всех пассажиров.

Наличие количества шеек у вагона определяется цифрой *4* (для двухосного вагона).

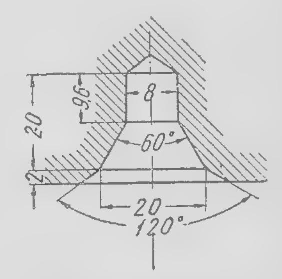


Рис. 118. Центровая заточка оси.

2. Статическая нагрузка на средние части оси будет:

$$H = \frac{Q_1}{4},$$

где Q_1 — половина веса моторов, передаваемая на оси через моторно-осевые подшипники.

3. Динамическая нагрузка на средние части оси в местах моторно-осевых подшипников от давления между зубцами шестерен определяется из соотношения:

$$2z_1l_1 - zl_2 = 0;$$

$$2z_1l_1 = zl_2;$$

$$z_1 = \frac{zl_2}{2l_1},$$

где:

Z — давление на зубцы шестерен,

l_1 — расстояние от центра оси до центра подвески мотора,

l_2 — расстояние от начальной окружности в точке сцепления шестерен до центра подвески мотора.

4. Динамическая нагрузка на шейку оси, зависящая от движущей силы мотора:

$$z_2 = \frac{zl_3 + z_1l_4 - z_1l_5}{l},$$

где:

l_3 — расстояние от средины шейки до средины большой шестерни,

l_4 — расстояние от средины шейки до средины моторно-осевого подшипника со стороны коллектора,

l_5 — расстояние от средины шейки до средины моторно-осевого подшипника со стороны шестерни,

l — расстояние между срединами шеек оси.

5. Динамическая нагрузка s_1 на шейку оси от центробежной силы при проходе вагона по кривой:

$$2\,s_1 = \frac{Ah}{l},$$

где A — центробежная сила, определяемая по формуле:

$$A = \frac{Mv^2}{R},$$

h — расстояние центра тяжести вагона от оси,

M — масса вагона, определяемая:

$$M = \frac{Q + G}{g},$$

v — скорость движения в *м/сек*,

R — радиус в *м*,

g — ускорение силы тяжести.

6. Динамическая нагрузка s_2 в ступице колеса от центробежной силы при проходе вагона по кривой:

$$2\,s_2 = \frac{A \cdot h}{l - l_6},$$

где l_6 — расстояние от средины шейки до средины ступицы колеса.

7. Динамическая нагрузка T_1 на шейку оси от давления ветра на боковую поверхность вагона

$$2\,T_1 = \frac{k \cdot h_1}{l},$$

где k — давление ветра на боковую поверхность вагона, определяемое:

$$k = kF,$$

k — давление ветра в *кг/м²*,

F — боковая поверхность вагона,

h_1 — расстояние от точки приложения равнодействующей силы ветра k до центра оси.

8. Динамическая нагрузка T_2 в ступицах колеса от давления ветра на боковую поверхность:

$$2\,T_2 = \frac{kh_1}{l - l_6}.$$

Изгибающий момент от всех найденных усилий, действующих на ось, относительно сечения по внутренней грани ступицы будет (рис. 119):

$$M_u = (P + s_1 + T_1 + z_2)\, l_7 - (P + H + s_2 + T_2)\, l_8,$$

где:

l_7 — расстояние от средины шейки до внутренней грани ступицы,

l_8 — расстояние от средины колеса до внутренней грани ступицы.

Крутящий момент в этом же сечении от давления между зубцами шестерен будет:

$$M_к = z\rho,$$

где ρ — радиус большой шестерни.

Приведенный момент будет:

$$M = 0{,}35\, M_u + 0{,}65 \sqrt{M_u^2 + (\alpha M_к)^2},$$

где α — отношение допускаемых напряжений на изгиб и кручение, равное 1,025.

Зная, что момент сопротивления оси равен

$$w = \frac{\pi d^3}{32}$$

и имея в виду, что

$$M = wk_в = \frac{\pi d^3}{32} \cdot k_в,$$

определяем диаметр вагонной оси:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 32}{K_в \cdot \pi}} \backsim \sqrt[3]{\frac{M}{K_в} \cdot 10}.$$

3. Колесные центры

Колесные центры (рис. 120) применяются как дисковые вальцованные, так и спицевые литые и кованые. Диски вальцованных колес делаются обычно волнистыми для сообщения им большей эластичности при толчках вдоль оси. Литые стальные спицевые центры имеют недостатки, заключающиеся в том, что после некоторого срока

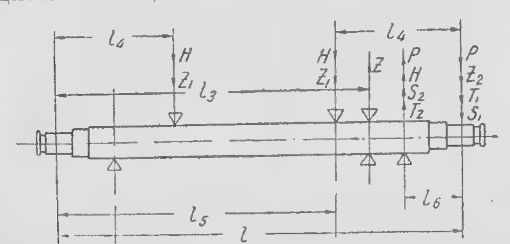


Рис. 119. Силы, действующие на ось.

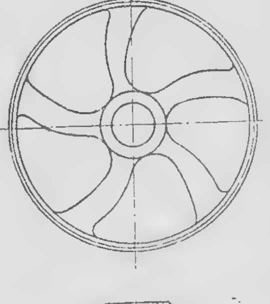




Рис. 120. Колесный центр.

службы происходит поломка спиц вследствие пороков в литье и при чрезмерном натяге бандажа при насадке. Кованые спицевые колесные центры более упруги, однако изготовление их весьма дорого.

Стальное литье для колесных центров должно обладать временным сопротивлением не менее 45 *кг/мм*² при относительном удлинении не менее 12%.

Диаметр колесных центров обычно делается в пределах от 540 до 750 *мм*; ширина ступицы делается 140—145 *мм*, ширина обода — 55—60 *мм*.

4. Бандажи

Трамвайные бандажи (рис. 121) должны быть прокатаны из литой стали однородного мелкозернистого строения со временным сопротивлением при испытании на разрыв от 70 до 90 *кг/мм*² при относительном удлинении не менее 10%.

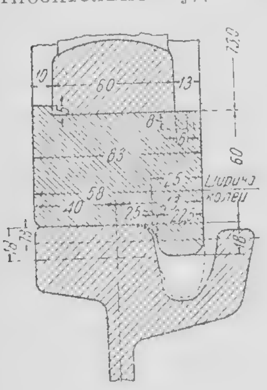


Рис. 121. Бандаж.

Прокатанные бандажи отжигаются в специальных печах, что устраняет вредные напряжения, возникаемые при прокатке.

Испытываемые бандажи, по установленным нормам, должны при толщине 65 *мм* в сыром виде выдерживать три удара бабы, развивающей работу не менее 2000 *кг/м* каждый, после чего не должны показывать признаков разрушения.

Разность в диаметрах бандажа и обода колеса, определяющая натяг бандажа, должна быть от 1,0 до 1,5 *мм* в зависимости от диаметра колесного центра.

Для предупреждения соскакивания бандажа его скрепляют с ободом с помощью стопорных болтов и колец, заводимых в выточку бандажа. Кольцо делается разрезным; в промежуток между его концами вставляется пластина, которая укрепляется двумя шпильками, ввертываемыми в обод.

Большинство трамвайных предприятий СССР поверхность катания бандажа делают цилиндрической, за границей встречаются бандажи с конической поверхностью катания.

5. Буксы

Полный вес вагона передается на шейки вагонных осей через подшипник, помещаемый в особой коробке, называемой буксой. В этой буксе сохраняется запас смазки, необходимый для смазывания трущейся поверхности подшипника и шейки оси.

Кроме указанного, букса должна ограничивать перемещение колесной пары вдоль и поперек вагона.

Букса (рис. 122) должна удовлетворять следующим требованиям:

а) быть достаточно прочной для передачи давления от веса вагона, выдерживать боковые удары при перемещении оси и ударах при прохождении вагоном неровностей пути (стыки, крестовины, стрелки и проч.);

б) допускать выемку подшипника без выкатки колесной пары;

в) регулярно подавать смазку к трущимся поверхностям;

г) предупреждать утечку смазочного материала;

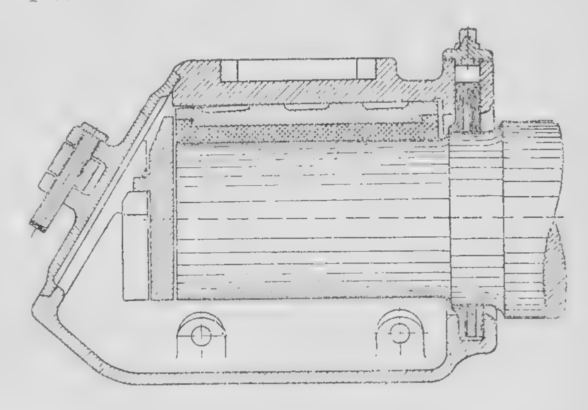
д) защищать смазку и подшипник от попадания в них пыли, воды и др.

В соответствии с этим буксовые коробки делаются цельными из стального литья с отверстием сзади для вставления оси и откидной крышкой впереди для осмотра и добавления смазки.

В нижней части буксы имеется резервуар для масла, в который погружаются смазывающие подушка или подбивка.

В задней части корпуса буксы имеется прорез, в который вставляется манжет (кожаная шайба с прокладками из войлока). Шайба служит для удержания смазки в буксе и предохранения от попадания воды и пыли.

В верхней части буксы снаружи имеется выемка для опоры надбуксовой рессоры. В передней части буксы ставится крышка, которая должна плотно прилегать к буртикам в буксе.


Рис. 122. Букса.

По бокам букс, с наружной стороны, укрепляются сменные буксовые лица, предупреждающие стирание боковых поверхностей букс.

В качестве материала, служащего для подачи смазки на шейку, употребляется различного рода подбивка: бумажные, шерстяные концы или волос и др. Часто в качестве подбивки применяют щетки, изготовленные из шерстяной пряжи, уложенной в рамку из листового железа; щетки прижимаются к шейке оси пружинами.

Согласно техническим условиям буксы должны быть стальные, литые с сопротивлением на разрыв не менее 36 $кг/мм^2$ при удлинении не менее 16%.

Зазор между подшипником и гнездом для него в буксе не должен превосходить 1 *мм* суммарно в обе стороны. Разбег подшипника на шейке должен быть 1 *мм*.

Размеры букс устанавливаются практическим путем, так как весьма трудно учесть все силы, действующие на буксу во время движения.

Подшипники скользящего трения делаются обычно стальными и заливаются баббитом (табл. 13) или отливаются из бронзы, в состав которой входят: медь (80,5—85,5%), олово (6,6—8,5%), цинк (2—3%) и свинец (6—8%).

Таблица 13

Состав	Б-2	Б-3	Б-4
Олово %	15—16	12—13	4—5
Свинец %	64,5—67,5	69—72,5	77—80,5
Сурьма %	15—16,5	13—15	13—15
Медь %	2,5—3	2,5—3	2,5—3

В последние годы находит применение так называемый кальциевый баббит, который, благодаря высокой температуре плавления, позволяет подшипнику выдерживать температуру до 300%, тогда как оловянный баббит размягчается при температуре 180—200°. Химический состав кальциевого баббита включает: свинец (98,29%), кальций (0,73%), литий (0,40%), натрий (0,58%).

После заливки подшипник протачивается на станке и пришабривается по шейке. На боковых частях подшипника снимаются фаски для предупреждения соскабливания смазки с шейки оси.

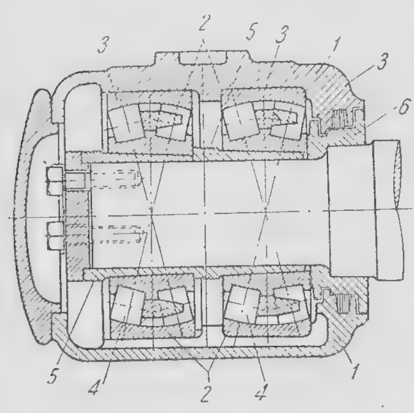


Рис. 123. Роликовая букса.

Кроме скользящих подшипников применяются роликовые подшипники (рис. 123).

Устройство роликового подшипника типа SKF состоит в следующем. В стальной, состоящий из двух половинок, корпус буксы *1*, вставляются два двухрядных роликовых подшипника *2*. Каждый подшипник состоит из двух стальных закаленных обойм *3*, между которыми находятся бочкообразные ролики *4*. Наружная обойма имеет сферическую поверхность на внутренней обойме, посредине и по краям имеются буртики, в которые опираются ролики; геометрические оси последних расположены наклонно. Бочкообразная форма и наклонное расположение роликов способствуют смягчению боковых толчков, получаемых при ударах гребней бандажей о рельсы.

Между внутренней обоймой и шейкой оси находятся разрезные конические втулки *5*, которые дают возможность подтягивать внутреннюю обойму и облегчают сборку и разборку подшипника. На ось одевается в нагретом состоянии стальной воротник *6*, который образует с корпусом буксы лабиринтовое соединение. Для лучшего уплотнения в выемку корпуса буксы вставляется войлочное кольцо.

Густая смазка для роликовых подшипников должна быть инертной в отношении стали, бронзы, войлока: ее температура каплеобразования должна быть не ниже 90° С. В работе при

температуре около 60—70° она не должна разжижаться и утрачивать своих смазочных свойств.

Применение роликовых подшипников дает следующие преимущества:

1) уменьшается сопротивление движению;
2) уменьшается потребное усилие тяги при трогании вагона;
3) уменьшается расход электрической энергии;
4) уменьшается расход на смазку;
5) уменьшаются эксплоатационные расходы на содержание букс и подшипников.

6. *Рессоры*

Рессоры, получая мгновенный удар колес о рельсы, превращают его в длительную нагрузку, что может быть только при наличии в рессоре соответствующей гибкости; одновременно к рессоре предъявляются требования определенной жесткости, так как при отсутствии таковой вагон может приобрести медленные и долго не прекращающиеся колебания, неприятно действующие на пассажиров.

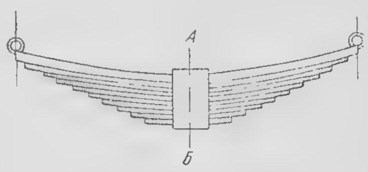
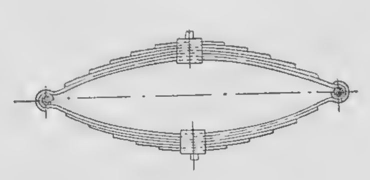


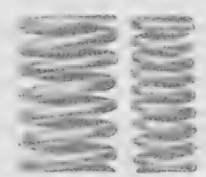
Рис. 124. Полуэллиптическая рессора.

Применяемые на трамвайных вагонах кузовные рессоры служат для передачи давления от кузова на тележку. Подкузовные рессоры по своему устройству могут быть:

а) листовые полуэллиптические (рис. 124),
б) листовые эллиптические (рис. 125),
в) спиральные (рис. 126).

Листовые рессоры состоят из выгнутых листов закаленной стали прямоугольного сечения, плотно пригнанных один к другому и зажатых посредине хомутом. Концы верхнего листа (коренного) имеют загибы и образуют ушки.


Рис. 125. Эллиптическая рессора.


Рис. 126. Спиральные рессоры.

Подкоренному листу обычно придают длину, равную развернутой длине коренного; это делается для укрепления концов коренного листа, где металл ослаблен ушком. С третьего листа начинаются уступы. Расстояние от линии, соединяющей центры ушков до коренного листа, называется фабричной стрелой.

Величина, характеризующая уменьшение фабричной стрелы, называется прогибом.

Прогиб рессоры под действием груза в 1 *т* называется гибкостью рессоры.

Гибкость рессоры ограничивается в определенных пределах во избежание качки вагона, что бывает особенно чувствительно при больших скоростях и неровностях пути; в этих случаях приходится жертвовать плавностью хода вагона за счет уменьшения гибкости рессор.

Необходимо заметить, что гибкие рессоры в отношении поломок более безопасны, нежели жесткие.

Эллиптические рессоры образуются двумя листовыми рессорами, обращенными одна к другой выгнутыми сторонами. К коренным листам, в собранном виде представляющим форму эллипса, накладываются сверху и снизу рессорные листы разной длины, которые в середине соединяются хомутами.

Наиболее широкое применение эллиптические рессоры получили на двухосных поворотных тележках.

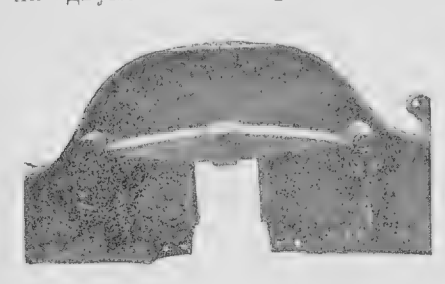


Рис. 127. Подвешивание буксовой рессоры натяжным болтом.

Спиральные рессоры применяются так же, как и листовые рессоры, на тележках и кузове для восприятия нагрузки от кузова на колесные пары. Спиральные рессоры более восприимчивы к малым сотрясениям, нежели листовые рессоры. Чтобы упругость спиральных рессор отвечала разным нагрузкам, их делают двойными, помещая одну внутри другой.

Спиральные рессоры обычно применяют цилиндрические, так как у них изменение расстояния между витками всегда одинаково и пропорционально нагрузке, т. е. гибкость одинакова.

В конструкции цилиндрической пружины отношение радиуса витка пружины к диаметру пружинной стали должно быть от 3 до 4, и, если бывают ограничения по диаметру, но не по высоте, то можно брать соотношение — 2, если же ограничения существуют по высоте, но не по диаметру, можно исходить из отношения выше 4.

Рессорное подвешивание к кузову и тележкам бывает нескольких родов:

1) жесткая несвободная подвеска;
2) подвеска с натяжным болтом;
3) подвеска с натяжным болтом и спиральной пружиной.

Жесткая подвеска представляет собой шарнирное соединение концов рессоры с кронштейнами посредством двух сережек и валиков. Такая подвеска не дает возможности поперечных по отношению к раме перемещений рессоры, а значит и не дает поперечных перемещений осей и букс. Регулировка высоты кузова при жесткой подвеске возможна только путем смены просевшей рессоры.

При подвеске с натяжным болтом (рис. 127) (шпинтоном) рессора вкладывается в паз болта, проходящего через отверстие кронштейна,

приклепанного к боковине тележки. Натяжной болт дает возможность путем изменения длины его подпимать или опускать раму тележки.

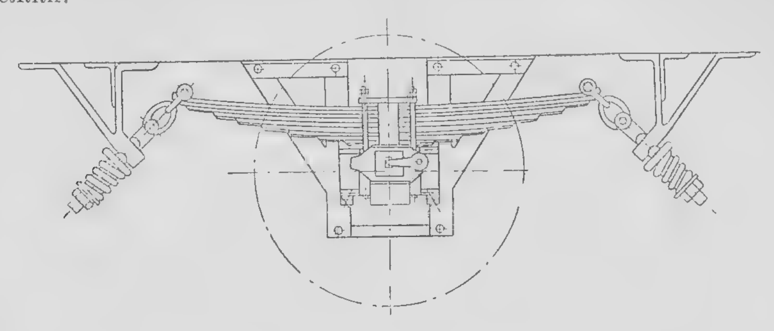


Рис. 128. Рессорное подвешивание с наклонными пружинами.

При подвеске со шпитоном и со спиральной пружиной (рис. 128 и 129) натяжные болты располагаются наклонно под углом в 45° или вертикально. Спиральная пружина обычно верхним своим концом упирается в кронштейн, а нижним — в шайбу, укрепленную на натяжном болте гайки.

7. Тяговые приборы

Соединение вагонов поезда между собой производится при помощи сцепного прибора, который воспринимает удары и передает силу тяжести от моторного к прицепному вагону.

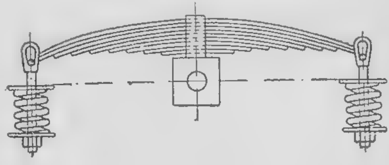


Рис. 129. Рессорное подвешивание с вертикальными пружинами.

Устройство тягового прибора (рис. 130) состоит в следующем: буферный стержень *1* квадратного сечения, который оканчивается хвостовиком круглого сечения с нарезкой. Стержень соединяется с хомутом *2* при помощи сильной конической пружины *3*, упирающейся с одной стороны на шайбу *4*, а с другой на обхват хомута *5*. Пружина закрепляется гайкой *6*, навертываемой на хвостовик стержня. Хомут служит для связи буферного стержня с рамой кузова, осуществляемой при помощи болта, вокруг которого могут поворачиваться хомут и стержень при движении поезда по кривым путям. Болт проходит через две планки, связанные со скобой, которая в свою очередь приклепана к продольным подплощадочным балкам рамы.

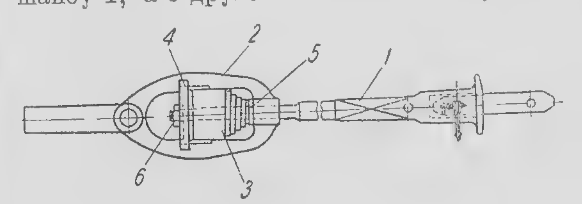


Рис. 130. Тяговый прибор.

С другой стороны буферный стержень заканчивается головкой с отверстием посредине, куда входит сцепление. В головке имеется сквозное отверстие, куда вставляется штырь, предохраняемый от подскакивания скобой. Для поддержки буфера спереди имеется подбуферная скоба.

На случай обрыва тягового прибора на вагонах делается добавочная цепь, укрепляемая в вилке, проходящей через лобовой перронный брус, снабженная пружиной и гайкой.

Сцепные приборы, снабженные коническими спиральными пружинами прямоугольного сечения, отдают всю воспринятую ими работу в виде толчка (возвращающаяся сила пружины), что естественно неблагоприятно отражается на подвижном составе и беспокоит едущих пассажиров. Влияние возвращающейся силы при больших скоростях, тяжелом подвижном составе и частых остановках сказывается настолько резко, что пружинные сцепные приборы стали заменять фрикционными сцепными приборами. В фрикционных сцепных приборах растягивающие и сжимающие усилия при толчках поглощаются работой силы трения. Величина поглощения силы (или работы) в осуществленных конструкциях достигает 97% от восприятий.

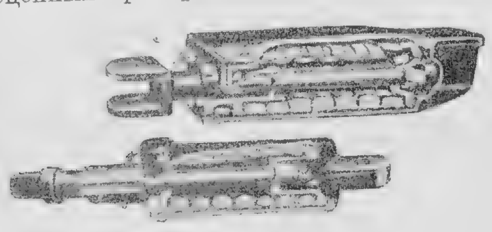


Рис. 131. Фрикционный буфер.

Фрикционный буфер завода «Uerdingen» (рис. 131) состоит из закаленных стальных колец, которые работают на чистое сжатие (внутренние кольца) и растяжение (наружные кольца), которые и поглощают воспринимаемые удары трением колец.

Благодаря внутреннему трению поглощаемая сила при ударе колеблется от 0 до 50% от воспринятой буфером нагрузки.

Наружные кольца сплошные, желобчатые из полосовой стали; внутренние кольца — разрезные, многогранные переменной толщины. Применение разрезных колец различной толщины делает буфер более гибким, восприимчивым даже при малых ударах, воспринимаемых тонкими кольцами; при значительных ударах работают только кольца большого сечения, почему буфер в конце своей работы более жесток. При сжатии пружины внутренние разрезные кольца сжимаются наружными кольцами до замыкания в месте разреза.

Обычно в буфере число колец следующее: наружных — 8 шт., внутренних сильных — 4 шт., внутренних слабых — 3 шт. Все кольца заключены в стальной корпус буфера. Смазкой служит машинное масло.

Во Франции принят к эксплоатации автоматический прибор Клосса (рис. 132).

Буфер в передней части заканчивается воронкой *1*. Внизу имеется прилив для установки валика *2*, около которого может вращаться защелкивающая деталь *3*, имеющая защелку *4*.

Пружина и собственный вес оттягивают обычно вращающуюся часть 3 вниз, и тогда защелка 4 входит в прорез, имеющийся в теле буфера. Посредством резьбы и заклепки 6 буфер соединяется со стержнем 5 и вместе с ним поворачивается в вертикальной плоскости около валика 7. Тяговой стержень имеет обычную форму с плоско-оттянутой частью, входящей в вилку. Высота не позволяет буферу опуститься ниже, чем это допустимо. Плоская рессора 11 поддерживает буфер в горизонтальном положении.

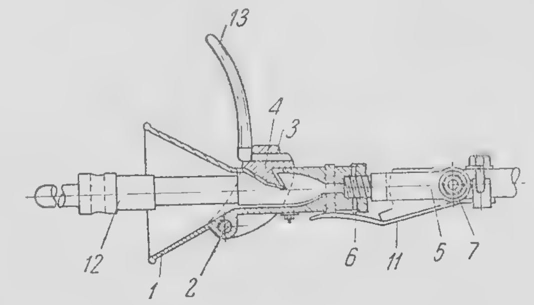


Рис. 132. Сцепка Клосса.

Соединение происходит следующим образом.

Моторный вагон, имеющий в своем буфере соединительную овального сечения тягу 12, подходит к прицепному. Тяга 12 входит в воронку буфера прицепного вагона, поднимает вверх защелку и проходит в конец полости буфера, после чего защелка под действием пружины опускается вниз, входя в вырез в теле тяги 12, затыкая сцепку.

При рассоединении поднимают за рукоятку 13 защелку и при отходе вагона оба буфера разъединяются.

В Америке весьма распространена сцепка Джаннея, действующая автоматически (рис. 133).

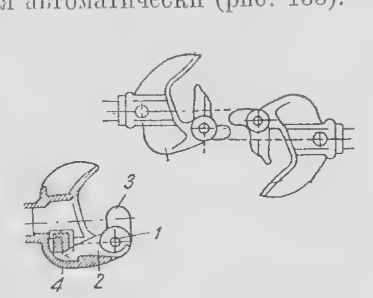
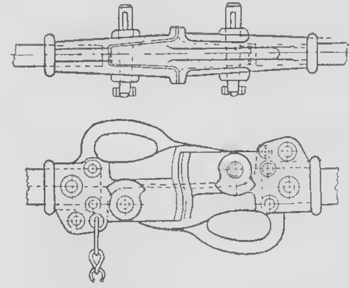


Рис. 133. Сцепка Джаннея.


Рис. 134. Сцепка «рукопожатием».

В теле буфера вокруг оси 1 вращается схватка 2. При нажатии одного буфера на другой, закругленный конец 3 одного комплекта скользит по пологой поверхности другого, поворачивая всю схватку до упора. В это же время конец 3 схватки другого буфера аналогично оказывается между телом первого буфера и концом схватки 3, и защепка 4 опускается вниз.

Разъединение буферов возможно только после того, как защелка будет приподнята вверх.

В Германии применяется так называемая сцепка «рукопожатием» (рис. 134). На конце стержня тягового прибора крепится посред-

ством заклепок головка. Сбоку головка имеет дуговую ручку, приспособленную для захватывания рукой при пользовании сцепным прибором. Головка (буфер) впереди заканчивается хвостовиком 4, входящим в рабочем состоянии в соответствующей формы впадину другого буфера.

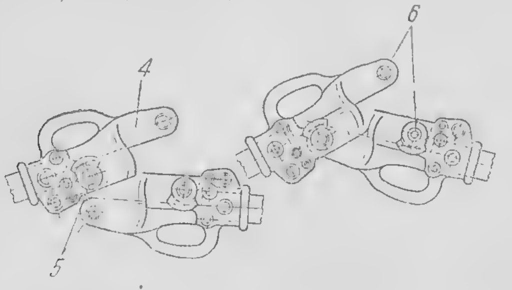


Рис. 135. Сцепка «рукопожатием».

При соединении двух буферов оба вагона сближаются до определенного расстояния и останавливаются. Сцепщик поворачивает оба прибора, пока отверстия 5 (рис. 135) не совпадут, и тогда в отверстие вставляется конический болт.

После легкого нажатия совпадают отверстия 6, куда вставляется второй конический болт, и этим заканчивается вся операция. Кроме сцепки «рукопожатием» в Германии распространена еще сцепка конструкции Шарфенберга.

5. Тормоз

1. Общие сведения

Тормоз служит для того, чтобы замедлить движение вагона или остановить его. Достигается это путем приложения силы, противодействующей движению вагона, т. е. искусственно увеличивающей сопротивление движению. Эта сила носит название тормозного усилия.

Для того, чтобы установить величину тормозного усилия, остановимся на рассмотрении основных явлений, происходящих при торможении.

При механическом торможении в качестве тормозного усилия используется сила трения между скользящими друг относительно друга поверхностями. Сила трения равна произведению веса или давления на коэфициент трения.

Необходимо различать два рода трения: статическое трение, возникающее между двумя поверхностями в начале их передвижения одного по другому, и кинетическое трение, которое бывает между двумя поверхностями, когда относительное движение одной поверхности по другой уже существует.

Коэфициенты трения, согласно практическим данным, различны для случая статического трения и для случая кинетического трения, причем коэфициент статического трения больше коэфициента кинетического трения.

Во время движения вагона мы имеем трение между движущимися друг относительно друга частями в самом вагоне, между поверхностью всего вагона и атмосферой, между тормозными колодками и колесом и, наконец, между колесом и рельсом. Наиболее важным

с точки зрения торможения вагона нужно считать трение между колесом и рельсом.

Это трение будет статическим трением, так как в случае катящего колеса в каждый бесконечно малый промежуток времени фактически происходит соприкосновение между новыми частями поверхности катания колеса и рельса, а следовательно, в каждый бесконечно малый период времени колесо находится относительно рельса в состоянии покоя, т. е. не имеет движения относительно рельса. Коэфициент трения между колесом и рельсом зависит от состояния поверхности рельса и от скорости движения колеса по рельсу.

Трение между колесом и колодкой следует рассматривать как кинетическое, потому что колесо при перекатывании по рельсу всегда находится в движении относительно колодки. Коэфициент трения между колодкой и бандажом есть величина переменная, зависящая от рода материала, состояния трущихся поверхностей и скорости.

Для служебного торможения коэфициент трения можно определять по формуле Frank:

$$\varphi_к = 0{,}29\, e^{\frac{v}{25}}$$

или по формуле Douaen

$$\varphi_к = 0{,}27 - 0{,}002\, v,$$

где:

e — основание натуральных логарифмов,

v — скорость движения вагона в *км/час*.

Для экстренного торможения $\varphi_к$ определяют по формуле:

$$\varphi_к = 0{,}2 - 0{,}002\, v + 0{,}0000065\, v^2.$$

Предположим теперь, что тормозы приведены в действие при небольшом нажатии колодки на колесо. Это давление, умноженное на коэфициент трения между колесом и колодкой, дает тормозящую силу, стремящуюся остановить вращение колеса. Но, с другой стороны, вес, приходящийся на колесо, умноженный на коэфициент трения между колесом и рельсом, дает другую силу, которая противодействует скольжению колеса по рельсу, а следовательно, такую силу, которая противодействует стремлению остановить вращение колес. Если мы, увеличивая силу торможения, придем к моменту, когда последняя окажется больше статической силы трения между колесом и рельсом, то мы остановим вращение колеса и оно начнет скользить по рельсу. В таком случае между колесом и рельсом возникнет кинетическое трение, которое значительно меньше, чем то, которое было до скольжения.

Чтобы тормозы действительно быстро и на коротком расстоянии могли остановить вагон, необходимо, чтобы колеса при торможении не скользили по рельсам, т. е. тормозная сила m должна быть меньше силы сцепления колеса с рельсом:

$$T = \sum p\, \varphi < P\, \varphi_1,$$

где:

p — давление одной колодки на колесо,

φ — коэфициент трения между колодкой и колесом,

φ_1 — коэфициент трения между колесом и рельсом,

P — давление колес на рельсы.

Чем больше трение между колесом и рельсом, т. е. чем больше величина, противодействующая скольжению, тем больше должна быть тормозная сила на тормозной колодке и тем короче путь остановки.

Величина давления колодок на колеса не должна превышать предела, при котором образуется скольжение колеса на рельсах.

Отношение максимального нажатия тормозных колодок к таре вагона не должно превышать:

а) для моторных вагонов — 1,0,

б) для прицепных вагонов — 0,85.

2. Типы тормозов

Тормозная сила трамвайного вагона может быть создана механическим и электрическим торможением.

При механическом торможении применяются следующие типы тормозов:

а) колесно-колодочный тормоз,

б) барабанный тормоз,

в) клещевой тормоз,

г) рельсовый башмак.

При электрическом торможении применяются следующие виды:

а) реостатный,

б) соленоидный тормоз,

в) электромагнитный рельсовый башмак,

г) рекуперативный.

Рис. 136. Ручной тормоз.

К о л е с н о-к о л о д о ч н ы й т о р м о з действует колодками на бандажи при помощи системы рычагов и тяг и тем самым сокращает скорость движения вагона или останавливает последний.

Система рычагов и тяг может приводиться в движение как от ручного привода, так и от пневматического.

Ручной привод (рис. 136) состоит из следующих частей:

а) тормозного железного вала, устанавливаемого вертикально на каждой площадке, могущего вращаться в подшипниках;

б) тормозной рукоятки, надеваемой на верхний конец вала; в рукоятке имеется два храповика, один из которых вращается вместе с рукояткой при отторможении, а другой укреплен на валу неподвижно;

в) тормозной цепи, соединенной с тормозной тягой или рычагом;

г) храповика и собачки, укрепленных над полом площадки.

В последнее время, в связи с увеличением веса вагонов, ручной тормоз устраивается с шестеренной передачей и спиральным барабаном; тормоз (рис. 137) имеет следующие части:

а) колонка, в которой помещается весь механизм;

б) верхний горизонтальный вал, на один конец которого насаживается маховик, а на другой — малая цилиндрическая шестерня;

в) нижний горизонтальный вал с большой цилиндрической шестерней и храповиком; на этом же валу насажен спиральный барабан, представляющий одно целое с шестерней;

г) трещетка с пружиной, устанавливаемая на верхнем барабане;

д) тяга с собачкой и педалью;

е) тормозная цепь.

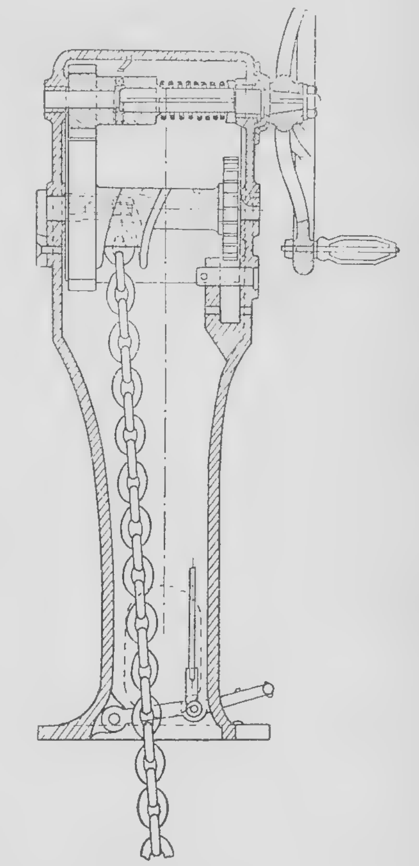


Рис. 137. Ручной тормоз.

В некоторых системах ручного тормоза, кроме цилиндрических зубчатых колес, имеются конические зубчатые колеса, одно из которых насажено на горизонтальном, а другое на вертикальном валу.

Подвеска тормозных рычагов применяется трех типов:

1) все рычаги и тяги подвешены к тележке, эта подвеска применяется у моторных вагонов с жесткой базой;

2) все рычаги подвешены к кузову прицепных вагонов;

3) часть рычагов подвешена к тележке и другая часть к кузову — применяется в поворотных одноосных тележках.

Отношение между суммой сил нажатия на все колодки и весом вагона называется коэфициентом торможения.

Прочность тормозных рычагов рассчитывается на изгиб сосредоточенными силами, причем напряжение материала допускается от 900 до 1300 *кг/см*^{2}.

Тяги рассчитываются на растяжение с напряжением до 1000 *кг/см*^{2}.

Давление на поршень тормозного цилиндра определяется по формуле:

$$P = \frac{p \pi D^2}{4},$$

где:

p — давление воздуха в $кг/см^2$,

D — внутренний диаметр цилиндра.

Крепление колодок к подвеске изображено на рис. 138. Здесь колодка *1* при помощи клипа *5* скреплена с ее башмаком *2*, который двумя болтами соединен с траверсой *4*. Вся система подвешена к тележке на сережках *3*.

Недостатком такой конструкции является:

1) плохое крепление колодки с башмаком, из-за которого колодка во время работы ослабевает, срабатывает опорные поверхности башмака и сползает с бандажа;

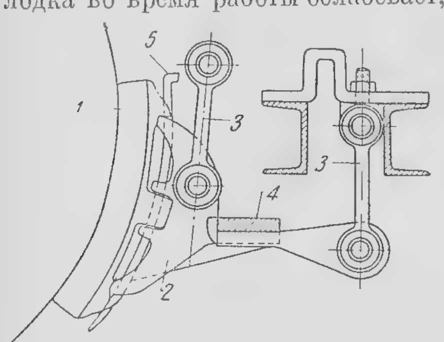


Рис. 138. Крепление тормозной колодки.

2) неравномерный износ колодки благодаря осадке кузова под влиянием колеблющейся нагрузки;

3) быстрая разработка шарнирных соединений и креплений с тележкой из-за эксцентричного прилегания колодки к бандажу.

Указанные недостатки устранены другой конструкцией с поворотным башмаком (рис. 139).

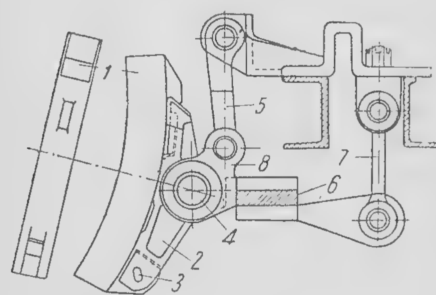


Рис. 139. Тормозная колодка с поворотным башмаком.

Благодаря выступу, входящему в соответствующую выемку в башмаке, нижнему выступу, сидящему между двумя щеками башмака, и чеке *3*, колодка *1* достаточно солидно связана с башмаком *2*, что вполне предохраняет колодку от сдвига в сторону и сползания с бандажа во время торможения. Башмак соединен с деталью *8* помощью валика *4*, около которого он может вращаться. Прилив в башмаке не позволяет последнему опрокидываться вниз и подтормаживать вагон. Вся система подвешена на двух вилкообразных сережках *5* и двух сережках *7* и сережке траверсы *6*.

Высота подвески тормозных колодок имеет большое значение в эксплоатации, так как неправильная подвеска колодок является одной из причин, вызывающих дрожание вагона при торможении в случае разработки валиков и втулок в подвесных частях.

Хорошие результаты в эксплоатации получаются, когда колодки подвешены так, что тангенс угла между радиусом колеса, проходя-

щим через центр площади прилегания колодки к бандажу, и горизонтальным диаметром колеса будет в пределах от 0,10 до 0,12.

В стандартных моторных вагонах Мытищинского завода подвеска колодок осуществлена с тангенсом угла, равным 0,105.

Тормозные колодки применяются из чугуна, который по техническим условиям, при испытании на приборе Бринелля (шарик диаметром 10 *мм*, давления 3000 *кг*, время — полминуты), дает отпечаток диаметром в пределах 3,6 *мм*, что соответствует 285 единицам твердости с отклонениями ± 50 единиц твердости.

Чтобы колодки не производили трения и не прикасались к бандажам при отпущенных тормозах, на тормозные траверсы и на рычаги тормозного цилиндра устанавливают специальные оттяжные пружины.

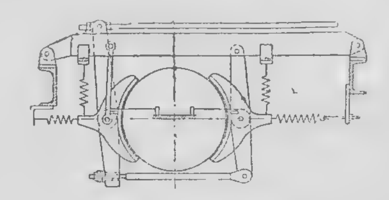


Рис. 140. Барабанный тормоз.

Б а р а б а н н ы й т о р м о з состоит из тормозного барабана, насаживаемого на вал якоря мотора со стороны коллектора (рис. 140).

Помощью рычажной передачи на этот барабан производится нажатие стальной ленты с асбестовой прокладкой или металлических колодок.

Тормозящее усилие создается силой трения между барабаном и колодкой.

Если нажатие колодки в тоннах равно P, а коэфициент трения φ, то сила трения $T_1 = \varphi \cdot P$.

Тормозящее усилие на ободе колес будет:

$$T = 1000\,\varphi \frac{\mu p d}{\eta D},$$

где:

μ — передаточное число зубчатой передачи,

η — коэфициент полезного действия зубчатой передачи,

d и D — соответственно диаметры барабана и колеса.

Чтобы тормозной барабан вращался и тормоз действовал, необходимо, чтобы

$$1000\,\varphi \frac{\mu d}{\eta D} p \leqslant = 1000\, P \varphi_1.$$

Преимущество этого тормоза заключается в следующем:

1) меньший износ бандажей, благодаря отсутствию трения о них колодками;

2) лучший эффект торможения, не зависящий от нагрузки вагона;

3) меньший вес всего тормозного устройства;

4) облегчение работы вагоновожатого, так как рукоятка ручного тормоза при торможении проходит меньший путь и нажатие колодок меньше.

Недостатком является то, что такой тормоз не допускает постройки двигателя с использованием всей ширины колеи.

К л е щ е в о й т о р м о з применяется на прицепных вагонах и имеет следующее устройство (рис. 141).

Два двуплечих нажимных рычага, имеющие оси вращения, соединяющиеся с тормозной траверсой при помощи валиков и коротких тяг; к этой траверсе посредине присоединяется тяга.

Другой стороной нажимные рычаги с помощью валиков соединяются с тормозными башмаками и со сменными асбестошитовыми или бакелитовыми колодками.

На вагонной оси при помощи шпонки укреплен разъемный стальной диск.

Если при торможении тяга патянет тормозную траверсу, то нажимные рычаги приблизятся к стальному диску и нажмут на башмаки с колодками, которые в свою очередь прижмутся к диску и остановят вращение оси.

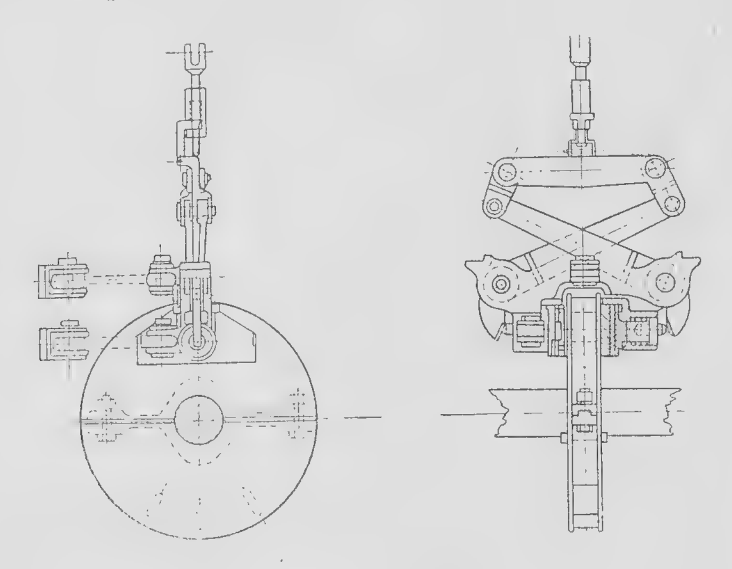


Рис. 141. Клещевой тормоз.

Тормозная сила в килограммах, отнесенная к ободу колес, будет равна:

$$T = 1000 \varphi p \frac{d}{D},$$

где:

d — диаметр круга касания центра колодки о диск,

D — диаметр колеса,

p — нажатие колодки,

φ — коэфициент трения между колодкой и диском.

Преимущество клещевого тормоза заключается в следующем:

1) небольшой износ колодок;
2) меньший износ бандажей;
3) простота устройства рычажной передачи;
4) облегченный вес тормоза;
5) дешевизна в эксплоатации.

Рельсовый башмак, действуя от рычажной системы ручного тормоза, производит торможение путем нажатия колодок на рельс. Этот вид тормоза применяется редко, и то только в городах с крутыми подъемами и спусками и там, где на вагонах отсутствуют воздушные тормозы.

Тормоз имеет тот недостаток, что при вертикальном нажатии тормозного башмака происходит разгрузка колес, вызывающая опасность схода вагона.

Полная тормозная сила при рельсовых башмаках будет равна

$$T = 1000\,\varphi \sum p,$$

где:

φ — коэфициент трения между башмаком и рельсом,
$\sum p$ — сумма нажатий всех башмаков вагона в m.

6. Воздушные тормозы

Наиболее распространенным средством для удобного и быстрого торможения является сжатый воздух, приводящий в действие тормозную систему.

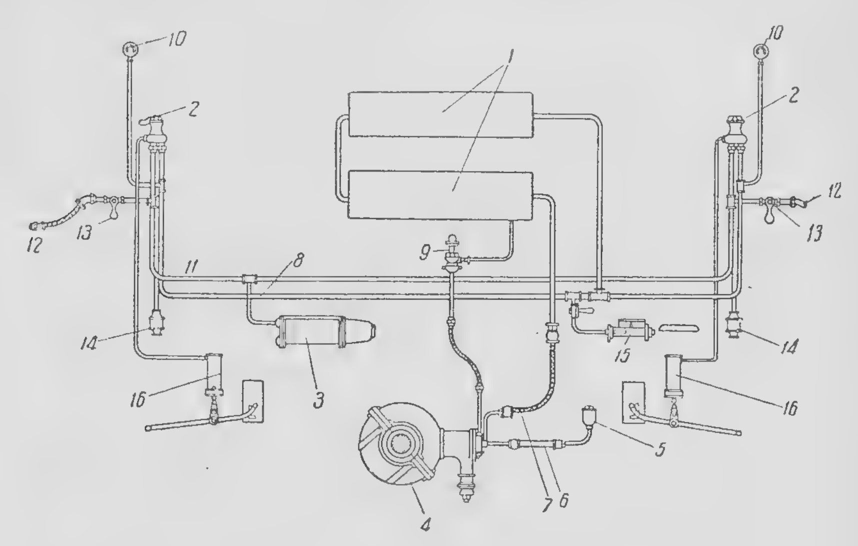


Рис. 142. Прямодействующий тормоз.

Из существующих систем тормозов, действующих сжатым воздухом, на трамваях применяются следующие:

а) прямодействующая,
б) автоматическая,
в) комбинированная.

1. Прямодействующая система

В прямодействующем воздушном тормозе (рис. 142) сжатый воздух для торможения моторного и прицепного вагонов из резервуа-

ров *1* при помощи крана машиниста *2* впускается в трубопровод, откуда, поступая в тормозной цилиндр *3* и передвигая его поршень, прижимает тормозные колодки к колесам. Давление в тормозном цилиндре, производящее прижатие колодок, легко поддается регулировке, и потому действие тормоза можно по желанию усиливать или ослаблять. Оттормаживание вагона производится посредством выпуска воздуха из тормозного цилиндра в атмосферу через кран машиниста.

Прямодействующая система по своей простоте устройства и обслуживания и дешевизне в эксплоатации нашла широкое применение в поездах, составленных не более трех вагонов.

Применение же этой системы в более длинных поездах ограничено вследствие того, что при торможении и отторможении происходит некоторое замедление в действии тормоза, отчего понижается тормозной эффект.

Недостатком прямодействующего тормоза является также бездействие тормоза при разрыве поезда.

2. Автоматическая система

Автоматический тормоз (рис. 143) действует одновременно под всеми вагонами поезда независимо от их числа. При разрыве поезда тормоз автоматически действует на каждом вагоне.

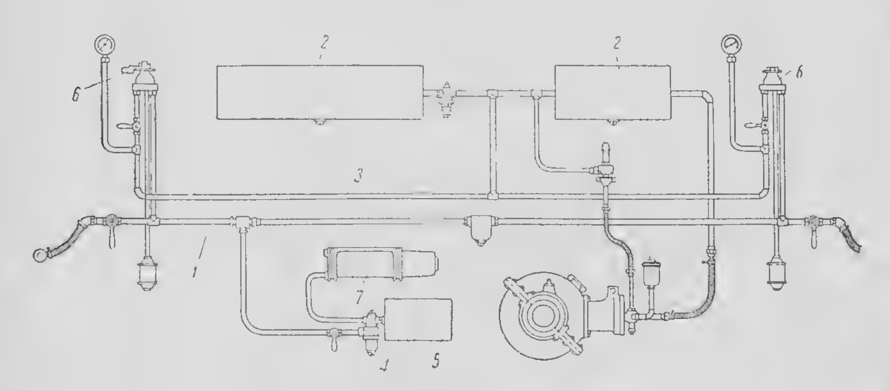


Рис. 143. Автоматический тормоз.

Тормозы бездействуют до тех пор, пока в главном трубопроводе *1* поддерживается нормальное давление воздуха.

В отторможенном положении сжатый воздух из главного резервуара *2* проходит по главному трубопроводу *3* и по ответвлениям через тройные клапаны *4* заполняет вспомогательные резервуары *5*. Благодаря наличию в кране машиниста *6* питательного клапана, между давлением главных резервуаров и вспомогательных имеется некоторая разница.

При отсутствии разности давление в главном резервуаре в момент оттормаживания неизбежно понизилось бы, вследствие чего отпуск тормозов замедлялся бы неравномерно.

Торможение вагона происходит при всяком намеренном или случайном понижении давления в главном трубопроводе и обычно производится путем перемещения ручки крана машиниста в тормозное положение, при котором сжатый воздух из главного трубопровода выходит в атмосферу.

При понижении давления в главном трубопроводе каждый из тройных клапанов *4* пропускает известную часть сжатого воздуха из вспомогательного резервуара *5* в соответствующий ему тормозной цилиндр *7*, где перемещает поршень и через посредство рычажной передачи производит нажатие тормозных колодок на колеса вагона.

Вагоновожатый, регулируя степень понижения давления в главном трубопроводе, может достичь желаемой силы торможения.

Отторможение производится путем повышения давления в главном трубопроводе до нормального.

При этом главный трубопровод посредством крана машиниста сообщается с главным резервуаром.

Восстановление давления в трубопроводе вызывает действие тройного клапана и он автоматически сообщает тормозной цилиндр с атмосферой, а вспомогательный резервуар с главным трубопроводом.

К преимуществам автоматического тормоза относятся:

1) возможность торможения не только вагоновожатым, но в случае нужды кондуктором или пассажирами из любого вагона;

2) при обрыве прицепного вагона моментально затормаживается моторный и прицепной вагоны;

3) меньший расход воздуха, чем при прямодействующем тормозе.

К недостаткам этого тормоза можно отнести:

1) значительные расходы в эксплоатации;

2) возможные случаи самоторможения вагона при наличии неплотных соединений отдельных частей тормоза;

3) невозможность легкого регулирования тормозной силы.

3. Комбинированная система

Комбинированная система тормоза делает возможным производство торможения на одном и том же поезде прямодействующим или автоматическим тормозом в отдельности, или тем и другим одновременно.

Такое торможение осуществляется вследствие того, что в тормозной цилиндр *1* сжатый воздух может поступать из нагнетательного трубопровода *2* и из запасного резервуара *3* (рис. 144).

К преимуществам этого тормоза относятся:

1) автоматичность действия тормоза при разрыве поезда;

2) возможность приведения тормоза в действие из прицепного вагона;

3) возможность использования прямодействующего или автоматического тормоза в зависимости от профиля пути.

К недостаткам можно отнести:

1) сложность системы и конструкции отдельных аппаратов;

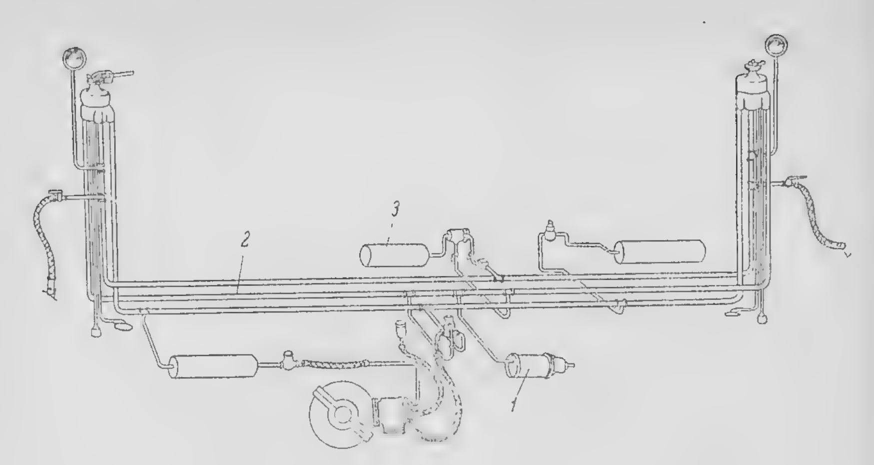


Рис. 144. Комбинированный тормоз.

2) возможность самоторможения при неисправности тройного клапана или крана машиниста;

3) большие эксплоатационные расходы.

7. Воздушно-тормозное оборудование

ПРЯМОДЕЙСТВУЮЩИЙ ТОРМОЗ

На моторном вагоне воздушный прямодействующий тормоз состоит из следующего оборудования (рис. 142): осевого компрессора *4*, приводимого в действие от вагонной оси; воздухососателя *5*, устанавливаемого обычно на площадке вагона рядом с контроллером; всасывающего гибкого рукава *6*; нагнетательного гибкого рукава *7*; нагнетательной трубы *8*; 2 резервуаров для сжатого воздуха *1*; предохранительного клапана; регулятора давления *9*; 2 кранов машиниста *2*; 2 манометров *10*; трубопровода *11*; тормозного цилиндра *3*; 2 междувагонных соединительных рукавов *12*; 2 концевых кранов *13*; 2 шумоглушителей *14*; 2 вибраторов для воздушного звонка *15*; 4 сеточных цилиндров *16*.

1. Осевой компрессор

Источником питания сжатым воздухом тормозной системы является осевой компрессор (рис. 145) или мотор-компрессор.

Осевой компрессор состоит из следующих частей: разъемного эксцентрика *1*; хомута или бугеля, состоящего из двух половинок *2*; компрессорного цилиндра *3*; поршня с четырьмя поршневыми кольцами *4*; разъемного кожуха *5*; клапанной коробки, привернутой к передней крышке цилиндра *6*

По техническим условиям эксцентрик, хомут и кожух должны изготовляться из литой стали с разрывным усилием не менее 54 *кг/мм*^{2} при удлинении не менее 10%.

Валики поршня и втулки хомута должны быть цементированы и плотно пришлифованы.

При гидравлическом испытании в собранном виде компрессор должен выдержать 12 атм без просачивания воды.

Эксцентрик насаживается на ось вагона при помощи шпонки и половинки его плотно свертываются двумя стальными болтами.

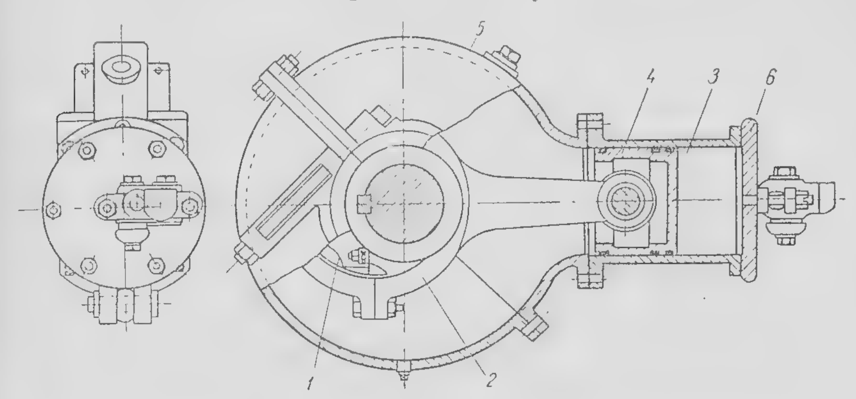


Рис. 145. Осевой компрессор.

Ступицы эксцентрика — несколько удлиненной формы — служат опорой для кожуха; между ступицей и кожухом вставляются медные кольца.

Хомут эксцентрика, состоящий из двух половинок, одна из которых имеет удлиненный конец, соединяемый с поршнем, свертывается болтами, причем между половинками хомута прокладываются медные шайбы толщиной 0,5 *мм*, служащие для подтяжки хомута по мере сработки медных колец, обхватывающих эксцентрик.

Цилиндр компрессора отливается из чугуна; внизу цилиндра имеется прилив для подвески его к скобе.

Поршень компрессорного цилиндра отливается из чугуна и плотно притачивается по цилиндру. В поршне протачивают канавки для пружинящих поршневых колец.

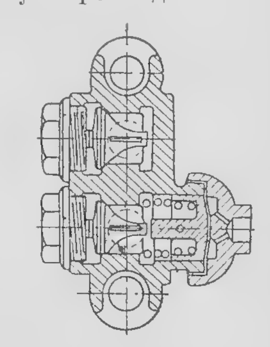


Рис. 146. Клапанная коробка.

Клапанная коробка (рис. 146) имеет два клапана — один всасывающий и другой нагнетательный. В нижней части коробки всасывающего клапана имеется поршенек выключателя клапана, действующего на всасывающий клапан при превышении давления воздуха сверх нормального. Выключатель клапана соединяется с регулятором давления.

Осевой компрессор подвешен на вагонной оси и раме тележки. Для смягчения толчков, получаемых компрессором во время движения вагона, на подвесной компрессорный болт, проходящий через кронштейн, ставятся резиновые буфера или пружины, воспринимающие вертикальные удары.

Работа компрессора заключается в следующем.

При вращении оси поршень перемещается эксцентриком. При ходе поршня вправо в цилиндре образуется разряжение, всасывающий клапан открывается и атмосферный воздух через всасыватель попадает в цилиндр. При обратном ходе поршня всасывающий клапан закрывается собственным весом и давлением воздуха, нагнетательный же клапан приподнимается и сжатый воздух проталкивается в резервуары.

Подача воздуха компрессором определяется по формуле:

$$V = SFn\lambda,$$

где:

V — объем нагнетаемого воздуха,
S — ход поршня, равный двум эксцентриситетам,
F — площадь поршня в $мм^2$,
n — число оборотов в минуту,
λ — объемный коэфициент полезного действия компрессора, представляющий собой отношение объема действительно перекаченного воздуха (при атмосферном давлении) к объему, описанному в то же время поршнем.

Практически объемный коэфициент получается в пределах 0,6—0,7.

Для определения необходимого числа оборотов эксцентрика и длины пути в метрах, пройденных вагоном, для заполнения резервуаров до требуемого давления сжатым воздухом пользуются формулами:

$$N = \frac{Qp}{SF\lambda},$$

$$x = \frac{Qp\pi D}{SF\lambda} = N\pi D,$$

где:

N — необходимое число оборотов эксцентрика,
Q — объем резервуаров для сжатого воздуха в $л$,
p — требуемое давление в $кг/см^2$,
D — диаметр колеса в $м$,
x — длина пути в $м$.

Расход энергии для сжатия воздуха до определенного давления можно найти по формуле:

$$A = \frac{Q_1 \cdot Ap}{75}\ л.\ с.,$$

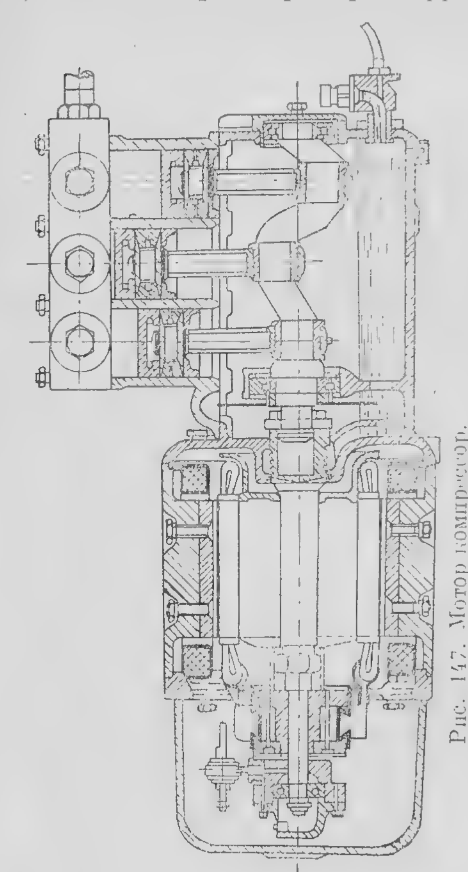
где:

Q_1 — объем воздуха в $м^3$, который необходимо в секунду сжать до p атм,
A_p — работа в $кгм$, необходимая для того, чтобы 1 $м^3$ воздуха сжать до p атм.

2. Мотор-компрессор

В виду того, что осевой компрессор имеет много эксплоатационных недостатков, к основным из которых относится постоянная работа его во все время движения вагона, в последнее время начинает широко применяться мотор-компрессор.

Наиболее распространенным типом на трамвайном вагоне СССР является мотор-компрессор Кнорра V 56/60 G с непосредственным соединением вала компрессора с моторным валом. Мотор-компрессор представляет собой сериесный электромотор постоянного тока и одноступенчатый трехцилиндровый компрессор (рис. 147).



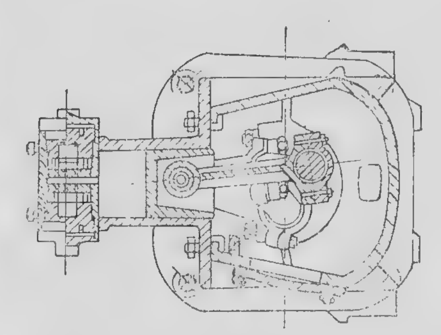


Рис. 147. Мотор-компрессор.

Коленчатый вал компрессора, колена которого расположены под углом 120° друг к другу, соединяется с поршнями при помощи шатунов. В верхней части корпуса компрессора находится общая крышка, в которой установлены кольцеобразные всасывающие и нагнетательные клапаны. В нижнюю часть корпуса заливается смазочное масло, служащее для смазки шатунов и цилиндров; масло попадает на шатуны при помощи маслоразбрызгивающей шайбы. Коленчатый вал смонтирован на роликовых подшипниках.

Указанный мотор-компрессор строится на напряжении 550 *в* мощностью 2—3 *квт* и 600 об/мин. Теоретический объем всасываемого воздуха 560 *л/мин*. Включение и выключение мотора производится автоматически при помощи электропневматического регулятора давления. Мотор-компрессор обычно устанавливается под кузовом вагона.

3. Электропневматический регулятор

При мотор-компрессоре устанавливается регулятор давления, который автоматически включает и выключает мотор-компрессор.

Устройство электропневматического регулятора давления Кнорра (рис. 148) заключается в следующем.

В чугунном корпусе *1* имеется поршень *2*, шток *3*, мембрана *4* и пружина *5*. Конец поршневого штока упирается в рычаг *6*, на свободном конце которого находится медный контакт *7*, соприкасающийся с пальцем *8*.

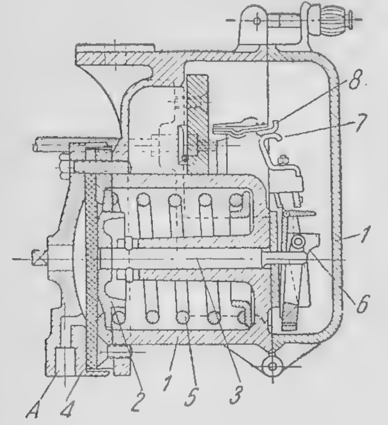


Рис. 148. Электропневматический регулятор Кнорра.

Сжатый воздух из резервуара поступает в камеру над мембраной через патрубок *9* резервуара. Как только давление воздуха достигнет определенного предела, мембрана, преодолев сопротивление пружины, передвинет поршень, и конец поршневого штока, нажав на рычаг, разъединит электрический контакт, вследствие чего работа компрессора прекращается. В таком положении регулятор давления остается до тех пор, пока давление воздуха в резервуарах станет ниже установленного предела, после чего пружина, преодолевая давление воздуха, возвратит поршень в первоначальное состояние, контакты соединятся и мотор вновь начнет работать.

4. *Воздухососатель*

Воздухососатель (рис. 149) состоит из чугунного резервуара *1*, внутри которого ставится алюминиевая или из оцинкованного железа сетка *2*. К нижней части воздухососателя присоединяется всасывающая труба. Чтобы воздух, всасываемый через верхнюю гайку *3* с отверстиями, очищался от пыли и прочих частиц, внутри резервуара помещается конский волос, слегка пропитанный минеральным маслом.

Рис. 149. Воздухососатель.

5. *Резиновые рукава*

Резиновые трубки для всех рукавов (рис. 150) при сгибании до соприкосновения друг с другом концов не должны надламываться и надрываться и должны иметь равномерное на глаз округление по всей длине рукава. Рукава служат для эластичного соединения частей воздушного тормоза, подвергаемых сотрясениям.

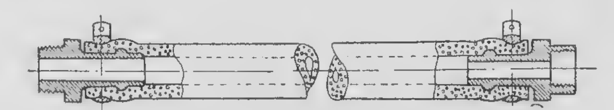


Рис. 150. Резиновый рукав.

Рукава должны иметь плетеные пеньковые или льняные прокладки в следующем количестве: регуляторный — 1—2, всасываю-

щий — 2, нагнетательный 4—5. Междувагонные соединительные рукава должны быть заключены в брезентовый чехол. Обе соединительные головки снабжаются резиновыми уплотнительными кольцами, которые при соединении головок плотно прилегают одно к другому.

6. Обратный клапан

Обратный клапан ставится для того, чтобы разобщать резервуары с нагнетательным рукавом в то время, когда компрессор всасывает воздух. Действие клапана заключается в следующем: когда давление со стороны компрессора подпимается выше, чем в резервуаре, то сжатый воздух, подпимая клапан, переходит в трубу, соединяемую с резервуаром. Как только давление со стороны компрессора уменьшится, клапан садится в свое гнездо и не пропускает перетекания сжатого воздуха из резервуара в нагнетательный рукав. При следующем нагнетании воздуха клапан опять поднимается. Обратный клапан удлиняет срок службы нагнетательных рукавов и уменьшает утечку воздуха в системе через клапанную коробку.

Обычно применяемый в трамвайных вагонах обратный клапан Вестингауза состоит из чугунного корпуса, в теле которого имеется клапанное гнездо, закрываемое клапаном.

Сверху в корпусе имеется пробка, ограничивающая подъем клапана. В нижней части корпуса имеется пробка, дающая возможность спускать конденсационную воду.

7. Воздушные резервуары

Для помещения запаса сжатого воздуха на каждом моторном вагоне обычно устанавливаются два резервуара, сделанные из котельного железа толщиной 4 *мм* с вваренными днищами. Для спуска накопляемой воды в каждом резервуаре имеется спускной краник. Размеры и емкость резервуаров зависят от типа и веса вагона и изготовляются следующих размеров (табл. 14).

Таблица 14

Диаметр в *мм*	305	305	305	381
Длина в *мм*	915	1094	1194	965
Емкость в *л*	55	64	78	98,4

Резервуары испытываются под гидравлическим давлением в 12 *кг/см²*.

8. Предохранительный клапан

Предохранительный клапан обычно устанавливается на главном резервуаре и служит для того, чтобы при повышении давления сжатого воздуха выше предельной нормы, становящейся опасной для целости резервуаров и других частей воздушного оборудования, он автоматически понижал это давление. При испытании на чувствительность клапан устанавливается на давление, превышающее ра-

бочее давление на 1 $кг/см^2$. Превышение давления на 0,2 $кг/см^2$ над установленным должно вызвать действие предохранительного клапана, причем по достижении в воздушной системе давления, на которое установлен клапан, он должен быстро прекратить выпуск воздуха.

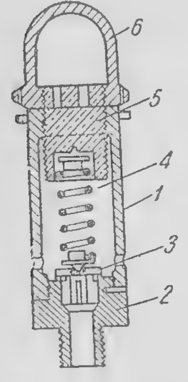


Рис. 151. Предохранительный клапан.

Клапан должен допускать регулировку давления воздуха не выше 7 $кг/см^2$.

Устройство клапана заключается в следующем (рис. 151). В нижней части чугунного корпуса *1* ввертывается медный ниппель *2* с гнездом для клапана *3*. Для регулировки величины нажатия клапана на гнездо служит стальная спиральная пружина *4*, которая сверху упирается в гайку *5*, закрытую колпаком *6*. В колпаке и корпусе клапана имеются ушки для запломбирования предохранительного клапана.

9. Регулятор давления

Во время движения вагона осевой компрессор беспрерывно нагнетает воздух в воздушную систему, вследствие чего давление сжатого воздуха может превысить нормальное рабочее давление.

Во избежание этого на каждом моторном вагоне устанавливается регулятор давления, который при превышении нормального давления приходит в действие и заставляет компрессор работать вхолостую; по мере снижения давления в воздушных резервуарах регулятор автоматически вводит в действие компрессор, который вновь нагнетает воздух.

В трамвайной практике большое применение имеет регулятор давления 2 систем, а именно: Беккера и Вестингауза.

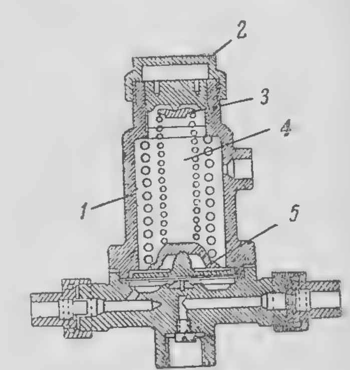


Рис. 152. Регулятор давления.

Регулятор системы Беккера (рис. 152) состоит из чугунного корпуса *1*, внутри которого навинчивается пробка *2*, нажимающая на шайбу *3*, упирающуюся на регулирующую пружину *4*. В нижней половине корпуса имеется седло с клапаном и латунная мембрана *5*, разделяющая верхнюю и нижнюю камеры регулятора. В верхней половине корпуса имеется отверстие, соединяющее камеру с главным трубопроводом. В нижней половине корпуса имеются три отверстия: первое — слева — соединяет камеру с воздушным резервуаром, второе — справа — соединяет камеру с выключательной камерой клапанной коробки, и третье отверстие — снизу — соединяется с атмосферой. При давлении выше нормального воздух, поступающий из воздушного резервуара, приподнимает мембрану регулятора вместе с кла-

паном и пройдет в отверстие, идущее к выключателю клапанной коробки, после чего компрессор начинает работать вхолостую. С понижением давления в воздушном резервуаре пружины регулятора нажмут на клапан, последний перекроет отверстия, и воздух будет поступать в резервуары. Оставшийся в трубке воздух выйдет в атмосферу через нижнее отверстие регулятора.

Благодаря наличию в верхней камере отверстия, соединенного с главным трубопроводом, действие компрессора немедленно восстанавливается с началом торможения, что гарантирует пополнение воздухом воздушной системы во время торможения вагона.

В регуляторе системы Вестингауза (рис. 153) чугунный корпус состоит из следующих частей: нижняя часть *1* с отверстием для трубки, идущей к выключательной камере клапанной коробки, средней части *2* с каналом в нижнюю часть и отверстием к воздушному резервуару, верхней части *3* с отверстием в атмосферу.

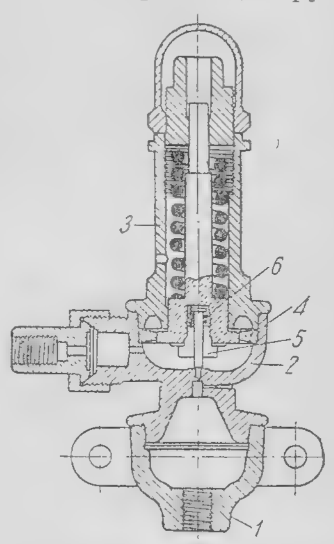


Рис. 153. Регулятор давления Вестингауза.

В средней части имеется медная мембрана *4*. В теле поршня вставлен игольчатый клапан *5*. Пока давление в резервуаре ниже рабочего, пружина *6* плотно прижимает игольчатый клапан к своему гнезду и компрессор работает нормально. Когда же давление в резервуаре превысит допускаемое, то воздух прогнет мембрану вверх, игольчатый клапан поднимется, а воздух перетечет по каналу в выключательную камеру клапанной коробки и компрессор начнет работать вхолостую. С понижением давления в резервуарах до нормы пружина прикрывает клапан, оставшийся же в нижней части воздух выходит в атмосферу через маленькое боковое отверстие и компрессор начинает нагнетать воздух. Регулятор давления обычно устанавливается внутри вагона под диваном.

10. Кран машиниста

Краны машиниста устанавливаются на площадках моторного вагона рядом с контроллером.

Назначение крана машиниста — управлять:

а) тормозом моторного и прицепного вагонов,
б) предохранительными сетками,
в) воздушными песочницами.

В трамвайных вагонах наибольшее распространение получили при автоматических и прямодействующих тормозах кран машиниста типа Вестингауза и типа Беккер-Кнорра.

Корпус крана машиниста типа Вестингауза (рис. 154) состоит из двух частей: нижней чугунной части *1*, к которой присоединя-

ются трубы, идущие из резервуара к главному трубопроводу, к шумоглушителю, к сеточным цилиндрам, к воздушным песочницам, и верхней чугунной колоколообразной части 2, в которой расположен медный золотник 3.

В углубление золотника входит шпиндель 4, оканчивающийся с другой стороны квадратом для надевания ручки крана 5. Внутри шпинделя помещается пружина 6, прижимающая золотник к зеркалу. Внутри ручки 7 находится кулачок 8, прижимаемый пружиной 9 к телу крана. Для точной установки ручки в требуемое положение наружная поверхность крана, по которой движется кулачок 8 ручки, имеет ряд впадин, соответствующих положениям крана.

В золотниковом зеркале и теле крана имеются следующие отверстия (рис. 155):

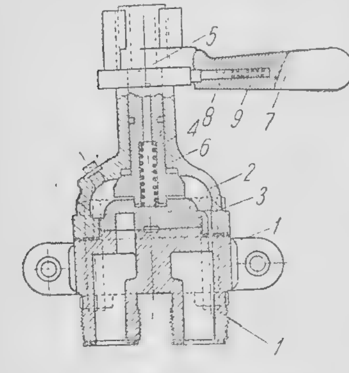


Рис. 154. Кран машиниста.

Рис. 155. Золотник и зеркало крана машиниста.

а — сообщающееся с трубой, идущей к воздушному резервуару,

б — соединяемое с трубопроводом, идущим к тормозным цилиндрам,

в — соединяет с сеточными цилиндрами,

г — соединяет с шумоглушителем,

д — соединяет с воздушными песочницами,

е — сообщающиеся воздушные резервуары с песочницами.

В золотнике крана машиниста имеются следующие каналы:

А — соединяет воздушные резервуары с тормозным трубопроводом,

Б — соединяет песочницы и сеточные цилиндры с атмосферой,

В — соединяет воздушные резервуары с песочницами на третьем положении,

Г — подводит сжатый воздух к песочницам на пятом положении,

Д — служит для удержания смазки на золотнике.

Работа крана машиниста происходит следующим образом:

0-е положение — перекрыша. В этом положении каналы и отверстия золотника и зеркала, соединяющие резервуары с тормозным трубопроводом, не совпадают, вследствие чего тормозной цилиндр оказывается изолированным от воздушных резервуаров. Отверстия *в*, *г*, *д* соединены между собой, благодаря чему се-

точные цилиндры и песочницы сообщаются через шумоглушитель с атмосферой.

1-е положение — служебное торможение. В этом положении сжатый воздух из резервуара проходит через отверстие *а* и канал *А* в тормозной цилиндр, производя слабое торможение, так как канал *А* неполной площадью перекрывает отверстие *а*.

2-е положение — экстренное торможение. Сжатый воздух из резервуара через отверстие *а* при помощи канала *А* золотника соединяется с отверстием *в* и воздух полной струей поступает в тормозной цилиндр, производя быстрое торможение с большой силой.

3-е положение — экстренное торможение с посыпкой рельсов песком и опусканием предохранительной сетки. В этом положении сжатый воздух из резервуара через отверстие *а* и канал *А* поступает в отверстие *в* и тормозной цилиндр, а через отверстие *в* — в сеточные цилиндры. Одновременно с этим сжатый воздух через отверстия *а* и *е* и канал *В* пойдет в песочницы.

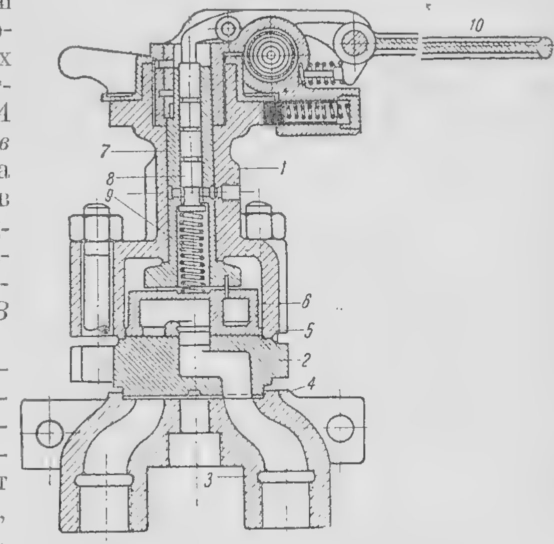


Рис. 156. Кран машиниста Беккер-Кнорра.

4-е положение — поездное и отпуск тормоза. Сжатый воздух из тормозного цилиндра выходит через отверстия *в* и *г*, соединяемые каналом *Б*, в шумоглушитель, а оттуда в атмосферу.

5-е положение — посыпка рельсов песком при трогании вагона с остановки. В этом положении сжатый воздух из резервуара через отверстия *д* и *е* и канал *Г* поступает в песочницы.

Кран машиниста типа Беккера-Кнорра (рис. 156) состоит из следующих деталей: верхней чугунной части *1*, зеркала золотника *2*, нижней чугунной части *3*, клингеритовой прокладки *4*, бумажного прокладочного кольца *5*, бронзового золотника *6*, бронзового стержня *7*, клапана к воздушному звонку *8*, стальной пружины для клапана *9*, рукоятки *10*.

Действие крана машиниста происходит при следующих положениях:

0-е положение — полное перекрытие;

1-е положение — служебное торможение;

2-е положение — полное торможение и песочница;
3-е положение — экстренное торможение с сеткой и песочницей;
4-е положение — поездное и отпуск тормоза;
5-е положение — действие песочниц.

Воздушный звонок может действовать при всех положениях при нажиме рукоятки крана машиниста.

Краны машиниста испытываются на плотность при двух положениях ручки крана:

а) отторможения или поездного;

б) перекрыши.

При испытании кран машиниста соединяется с резервуаром, имеющим объем воздуха 2 *л* под давлением в 5 *кг/см²*, и после разъединения резервуаров от насоса давление не должно падать в течение 5 минут более, чем на 0,1 *кг/см²*.

11. Манометр



Рис. 157. Манометр.

Манометр служит для показания давления сжатого воздуха в резервуарах и тормозной системе и устанавливается на каждой площадке вагона.

Манометр состоит из медной коробки (рис. 157), внутри которой укрепляется механизм, состоящий из согнутой тонкой медной трубки с рычагом. На оси шарнирного рычага насаживается стрелка. Сжатый воздух, входя в трубку, заставляет ее своим давлением расправляться, перемещая одновременно стрелку, указывающую на циферблате деления, соответствующие давлению сжатого воздуха.

12. Тормозной цилиндр

В тормозном цилиндре энергия сжатого воздуха реализуется для производства эффекта торможения. По конструкции тормозные цилиндры одинаковы для всех систем тормозов, действующих сжатым воздухом.

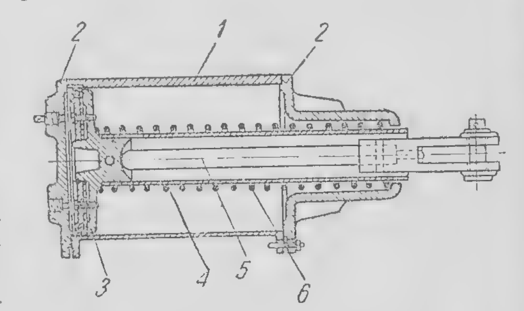


Рис. 158. Тормозной цилиндр.

Тормозной цилиндр состоит из чугунного корпуса *1* (рис. 158) и двух крышек *2*. Внутри цилиндра имеется поршень *3*, состоящий из кожаного манжета, шайбы и стального пружинящего кольца, равномерно прижимающего манжет к цилиндру. Поршень имеет трубчатый шток *4*, стержень *5* которого, лежащий свободно, выходит сквозь крышку и соединяется с рычажной передачей. Такое устройство штока облегчает торможение ручным тормозом. На поршневой шток внутри цилиндра

надевается стальная пружина 6, упирающаяся с одной стороны в поршень, а с другой в переднюю крышку цилиндра. При торможении сжатый воздух, поступая через отверстие в задней крышке, перемещает поршень и сжимает отторможивающую пружину. При отпуске тормоза воздух выпускается из тормозного цилиндра и пружина отодвигает поршень в его нормальное положение.

Расчетный груз для полного сжатия пружины определяется по формуле:

$$P = 0{,}1963\frac{d^3}{r}\cdot K.$$

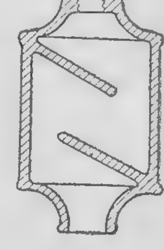


Рис. 159. Шумоглушитель.

Стрела сжатия при этом грузе будет:

$$f = \frac{4\pi n r^2}{d\cdot m}\cdot K,$$

где:

K — напряжение на кручение,
m — модуль упругости при кручении,
d — диаметр проволоки,
r — радиус витка пружины.



13. Шумоглушитель

Шумоглушитель устанавливается на каждой площадке моторного вагона и представляет собой чугунный корпус, внутри которого имеется два наклонно расположенных ребра (рис. 159).

Сжатый воздух, выходящий из тормозного цилиндра при отторможении, поступает в атмосферу через шумоглушитель, где, благодаря наличию вышеуказанных ребер, теряет скорость выхода, вследствие чего уменьшается шум.

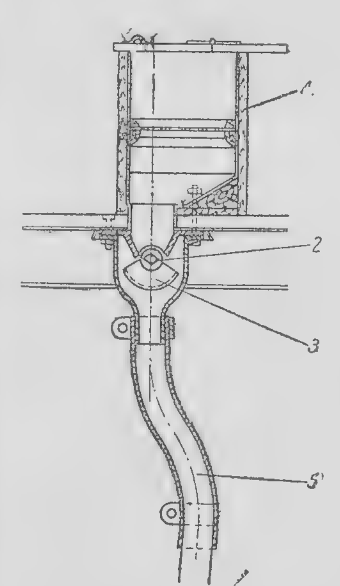


Рис. 160. Ковшевая песочница.

14. Песочницы

При загрязненных рельсах сцепление колес с рельсами получается недостаточное, что вызывает скольжение колес. Для увеличения сцепления рельсы посыпаются песком из песочниц, установленных над каждым колесом внутри кузова вагона.

Песочницы применяются в трамваях разных типов, причем привод к песочнице бывает ручной, электрический и пневматический.

Из песочниц с ручным приводом наибольшее распространение получили ковшевые и шиберные.

Механизм ковшевой песочницы состоит из следующих частей (рис. 160):

1) железного вертикального вала, установленного на каждой площадке (не показано на рисунке);

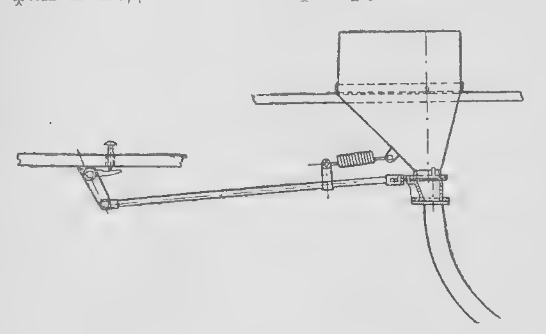
2) тяги, присоединяемой к вертикальному и горизонтальному валу, соединенному с ковшами песочниц 2;

3) чугунного ковша и горловины 3;

4) деревянного ящика с мелкой оцинкованной сеткой 4;

5) рукава с наконечником 5.

Во время действия песочницы ковш поворачивается на своих цапфах и подает песок через рукав и наконечник на головку рельса. В первоначальное положение механизм песочницы возвращается с помощью пружины.


Рис. 161. Шиберная песочница.

Шиберная песочница (рис. 161) состоит из ящика для песка с фланцем в нижней части, к которому привертывается воронка.

В пазах может двигаться задвижка (шибер), соединенная с тягой. Тяга одним своим концом соединяется с коленчатым рычагом, к которому подходит штырь ножной педали или ручка ручного привода.

При нажиме ногой на педаль коленчатый рычаг поворачивается и тянет тягу вместе с шибером, открывая отверстие для выхода песка. В первоначальное положение механизм песочницы приходит с помощью пружины.

15. Пылеловка

Для предупреждения засорения труб и приборов от пыли и грязи на трубе, идущей к тройному клапану, устраивается пылеловка. Пылеловка состоит из чугунного корпуса, внутри которого помещается мелкая латунная сетка.

16. Воздушные звонки

Для приведения в действие звонков на вагоне имеется приспособление, состоящее из клапана и вибратора.

Действие клапана происходит при нажиме на педаль, заставляющую передвигаться поршенек, после чего воздух через отверстие, соединенное с трубопроводом от воздушного резервуара, поступает через канал в трубку вибратора звонка.

Внутри вибратора (рис. 162) помещается поршенек *1* с шайбой *2* и пружинками *3*. Впереди вибратора имеются гайка *4* и втулка *5* с отверстиями для выхода воздуха. Поступающий из клапана воздух приводит в действие поршенек, боек которого ударяет по чашке колокола.

17. Сеточные цилиндры

Для приведения в действие предохранительной вагонной сетки служат сеточные цилиндры (рис. 163), устанавливаемые под площадками вагона.

При постановке ручки крана машиниста на «экстренное торможение» сжатый воздух поступает в цилиндр через отверстие *а* и давит на поршень, состоящий из чугунной или железной шайбы *1*, кожаного манжета и стального кольца. Поршень, передвигаясь вниз, сжимает пружину *4* и выдвигает поршневой шток *5*, упирающийся в предохранительную сетку.

При постановке ручки крана машиниста в нулевое положение воздух из сеточного цилиндра выходит через кран машиниста в атмосферу и пружина быстро приводит сетку в первоначальное положение.

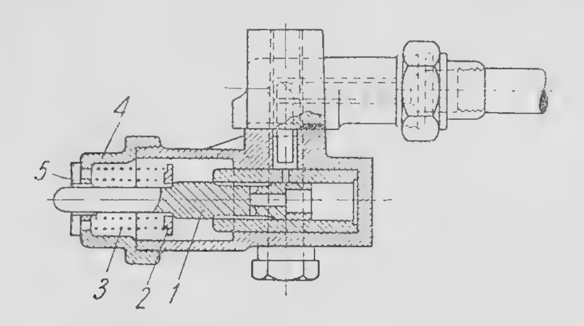


Рис. 162. Вибратор воздушного звонка.

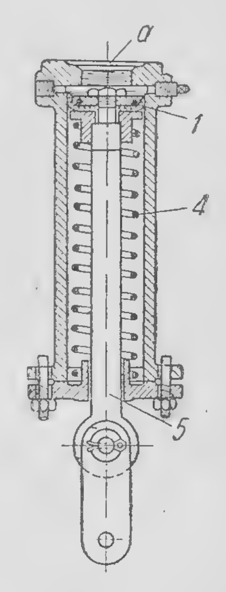


Рис. 163. Сеточный цилиндр.

18. Трубопровод

Трубопровод воздушного тормоза прикрепляется к полу вагона железными скобами и собирается из железных газовых труб следующих диаметров:

Всасывающая труба	19,05 *мм*
Нагнетательная труба	25,4 *мм*
Регуляторная труба	6,35 *мм*
Сеточная труба	9,53 *мм*
Песочная труба	9,54 *мм*
Звонковая труба	6,35 *мм*

Отдельные куски труб соединяются американскими гайками. При установке трубопровода следует избегать резких перегибов, которые служат добавочным сопротивлением течению воздуха и кроме того в коленах может задерживаться влага, вызывающая замерзание трубопровода зимой.

Трубопроводы моторного и прицепного вагонов соединяются между собой гибкими резиновыми рукавами, снабженными соединительными головками.

Перед междувагонными рукавами на тормозной трубе навертывается концевой кран (рис. 164). При закрытом положении крана сжатый воздух в прицепной вагон не поступает.

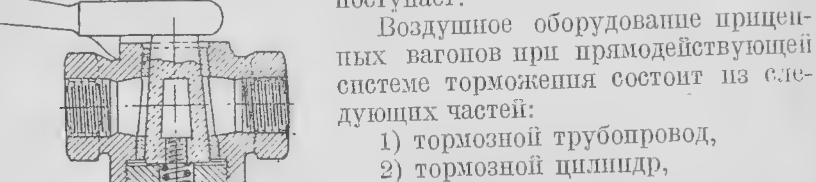


Рис. 164. Концевой кран.

Воздушное оборудование прицепных вагонов при прямодействующей системе торможения состоит из следующих частей:

1) тормозной трубопровод,
2) тормозной цилиндр,
3) междувагонные рукава,
4) концевые разобщительные краны.

Торможение производится при впуске сжатого воздуха в тормозной цилиндр, после чего выдвигается шток поршня, действующего на рычажную передачу.

19. Оборудование автоматического тормоза

Моторные вагоны, оборудованные автоматическими тормозами кроме оборудования, имеющегося при прямодействующем тормозе, имеют следующее дополнительное оборудование:

1) тройной клапан,
2) пылеловку,
3) вспомогательный резервуар,
4) двойной запорный клапан, на прицепном вагоне кроме того устанавливается отпускной клапан.

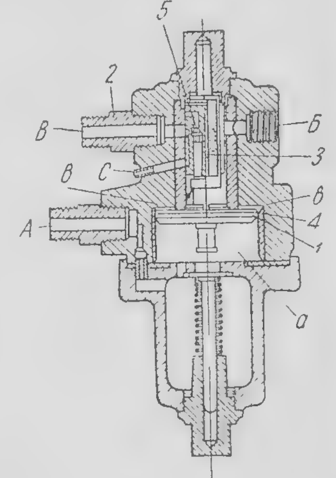


Рис. 165. Тройной клапан Вестингауза.

а) Тройной клапан Вестингауза (рис. 165) устанавливается между вспомогательным резервуаром и тормозным цилиндром и соединяется трубами к отростку *А* — с главным воздухопроводом; к отростку *Б* — с вспомогательным резервуаром и к отростку *В* — с тормозным цилиндром.

При поездном положении тормоза сжатый воздух из главного воздухопровода поступает в камеру *a*, давит на поршень *1* и перемещает его вверх, затем по канавке *b* протекает в верхнюю камеру и далее, через отверстие *Б* — в вспомогательный резервуар. Тормоз считается отпущенным, когда давление в камере *a* и в вспомогательном резервуаре установится равным давлению в главном воздухопроводе; при этом давление по обе стороны поршня будет одинаково.

Главный воздухопровод при отпущенных тормозах все время остается сообщенным с вспомогательным резервуаром. Тормозной

цилиндр через штуцер *2*, выемку в золотнике *3* и канал *C* сообщается с атмосферой.

При понижении давления в главном воздухопроводе посредством крана машиниста понижается давление в камере *a*, и избытком давления в запасном резервуаре поршень *1* сдвигается в сторону камеры *a* и своим набивочным кольцом *4* закрывает питательную канавку *b*, прекратив дальнейшее сообщение между обеими сторонами поршня.

При движении поршня смещается уравнительный стержень *5*, связанный шпилькой со стержнем поршня, и затем заплечиком поршневого стержня захватывает золотник, который также перемещается с поршнем. При этом открывается доступ воздуха из вспомогательного резервуара в канал золотника, устанавливаемого против отверстия, идущего в тормозной цилиндр.

В тех случаях, когда давление воздуха в главном воздухопроводе снижено незначительно, перетекание воздуха из вспомогательного резервуара в тормозной цилиндр продолжается до тех пор, пока давление в вспомогательном резервуаре не уравняется с давлением в главном воздухопроводе. При повторном снижении давления в главном воздухопроводе поршень снова опускается и дает дополнительный впуск воздуха в тормозной цилиндр; так может продолжаться до тех пор, пока давление в тормозном цилиндре не уравняется с давлением в вспомогательном резервуаре.

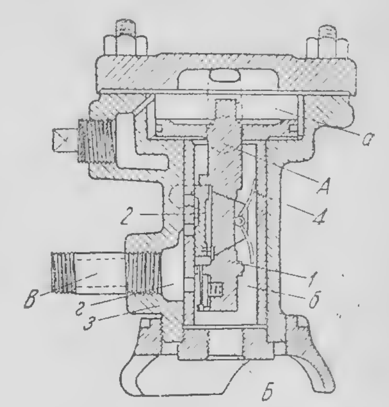


Рис. 166. Тройной клапан Кнорра.

При повышении давления в главном воздухопроводе поршень *1* поднимется и займет положение, при котором главный воздухопровод сообщается с вспомогательным резервуаром. Тотчас же начнется питание вспомогательного резервуара через канавку *в*, а тормозной цилиндр сообщается с атмосферой; при этом происходит полный отпуск тормоза.

Большим недостатком тройного клапана Вестингауза является замедленность наполнения вспомогательного резервуара, так как питательная канавка *б* имеет маленькое сечение. Это обстоятельство лишает возможности производить несколько торможений — одно вслед за другим, с короткими промежутками времени.

б) Т р о й н о й к л а п а н К н о р р а (рис. 166) соединяется через отверстие *A* с главным воздухопроводом, отверстие *Б* — с вспомогательным резервуаром, отверстие *B* — с тормозным цилиндром.

Внутри клапана имеется поршень со штоком *1*, на одной стороне которого расположены два золотника *2* и *3*. Золотник *2* при помощи пружины *4* постоянно прижимается к зеркалу, золотник же *3* подвижен по отношению к штоку поршня.

В нерабочем состоянии тормоза сжатый воздух, попадая из главного воздухопровода в камеру *а*, свободно перетекает в камеру *б*, а отсюда через отверстие *Б* во вспомогательный резервуар. Золотник 2 в это время соединяет тормозный цилиндр через канал и кран машиниста с атмосферой.

Во время торможения сжатый воздух, находящийся в камере *а*, выпускается наружу через кран машиниста и, благодаря понижению давления в камере *а* поршень *1* опускается и разобщает камеры *а* и *б*; золотник *2*, перекрывая канал *в*, прекращает сообщение тормозного цилиндра с атмосферой, а золотник *3*, открыв окно *г*, дает доступ сжатому воздуху из вспомогательного резервуара в тормозной цилиндр, что произведет перемещение поршня и наступит торможение.

При оттормаживании сжатый воздух из главного воздухопровода поступит в камеру *а* и заставит поршень подняться и передвинуть золотники *2* и *3* в первоначальное положение. Сжатому воздуху из вспомогательного резервуара прекращается путь в тормозной цилиндр, который в это время сообщится с атмосферой, и произойдет отторможение. Вспомогательный резервуар снова начнет заполняться сжатым воздухом.

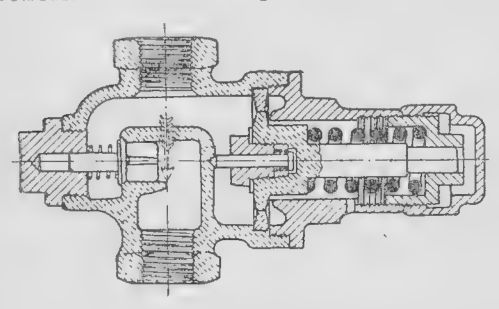


Рис. 167. Двойной запорный клапан.

в) Отпускной клапан. Для отпуска тормоза в прицепном вагоне имеется специальный отпускной клапан, устанавливаемый или непосредственно на тормозном цилиндре или на вспомогательном резервуаре.

г) Двойной запорный клапан. Для возможности сокращения пути, который вагон проходит с бездействующими воздушными тормозами, главный воздушный резервуар разбивается на два резервуара разной емкости, причем нагнетательная труба осевого компрессора соединяется с меньшим из них. Резервуары эти соединяются трубой, на которой ставится двойной запорный клапан (рис. 167).

8. Электрическое оборудование трамвайных вагонов

1. Токоприемник

Передача электрического тока в вагонную сеть от контактного провода производится при помощи токоприемника, устанавливаемого на крыше вагона.

На трамвайных вагонах, получающих питание током от верхнего контактного провода, применяются токоприемники следующих типов: а) роликовые, б) дуговые и в) пантографные.

Роликовые токоприемники (троллей) состоят из трех основных частей: ролика, штанги и основания.

Ролик (рис. 168) изготовляется из бронзы, чаще всего следующего сплава: медь — 90%, олово — 8%, цинк — 2%. Вес ролика равен 1,00—1,25 *кг*. Для облегчения веса ролика были произведены опыты с применением других сплавов — дюралюминия, алмаза и штампованной меди. Перечисленные типы роликов имели много недостатков: хрупкость, разъедание и шероховатость желоба, что вызывало образование искр, а тем самым быстрый износ провода и самого ролика. Продолжительность работы ролика определяется пробегом в среднем 2000—2500 *км*, тогда как нормальный срок работы для бронзового ролика исчисляется пробегом 8000—10 000 *км*.

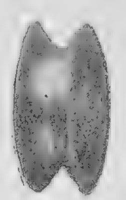


Рис. 168. Ролик токоприемника.

Форма желоба ролика должна быть такова, чтобы при любом износе провода искра была минимальной.

Ввиду большого количества оборотов ролика (около 2000 в минуту) он должен хорошо смазываться. Смазка применяется жидкая или густая, заправляемая во внутрь валика. В последнее время в заграничных трамваях нашла широкое применение графитная смазка.

Рис. 169. Дуговой токоприемник.

Применение роликового токоприемника кроме прочих соображений ограничивается силой тока в 300 *а* при напряжениях, не превышающих 750 *в*, и средней скоростью 12—15 *км/час*.

Во избежание сильных ударов при соскакивании ролика с рабочего провода штанга токоприемника должна быть возможно легкой, почему она изготовляется из стальной цельнотянутой трубы. Нормальное давление штанги считается 8—10 *кг* у рабочего провода. На различных трамваях применяют разные длины штанг — от 4 до 5,5 *м* в зависимости от высоты подвески рабочего провода, причем вес штанги колеблется от 10,5 до 12,5 *кг*.

Основание токоприемника состоит из круга со штырем, на который устанавливается кронштейн с пружинами. Благодаря такому устройству возможно легко поворачивать весь токоприемник вокруг вертикальной оси.

Дуговой токоприемник (рис. 169) состоит из трубчатой рамы, нижняя часть которой укреплена в зажимы, вращающиеся на горизонтальном валу. В верхней части рамы имеется сменная алюминиевая вставка.

Для уменьшения трения между рабочим проводом и контактной дугой в алюминиевой вставке делается одна или две канавки, куда закладывается густая смазка.

Давление дуги осуществляется с помощью спиральной пружины и находится в пределах 5—6 *кг*. Средний пробег алюминиевой вставки возможно считать до 10 000 *км*. Дуговые токоприемники могут снимать с рабочего провода ток до 300 *а*.

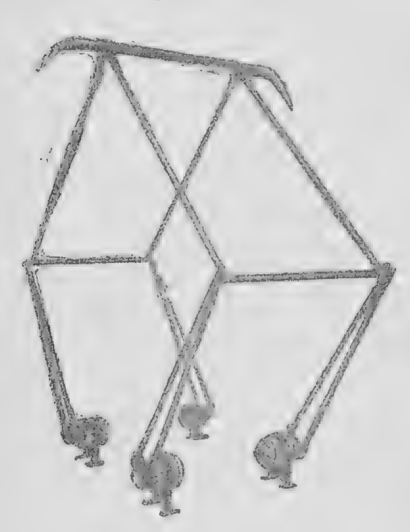


Рис. 170. Пантограф.

При скоростях свыше 35 *км/час* и силе тока, превышающей 500 *а*, в качестве токоприемника применяется пантограф.

Пантограф (рис. 170) собирается из трубчатой рамы в форме параллелограмма с шарнирно соединенными углами. В верхней части рамы имеется сменная алюминиевая или стальная вставка, нажимающая на рабочий провод с силой 4—5 *кг*. Нажатие пантографа регулируется пружинами.

Пантограф имеет большие преимущества перед роликовым и дуговым токоприемниками, так как легко приспособляется к разной высоте подвески рабочего провода, что при больших скоростях исключает отскакивание его от провода. Кроме того пантограф исключает надобность в переводе его при перемене направления движения.

Вопрос о том, что является наиболее совершенным типом токоприемника — дуга или ролик, не разрешен, так как тот и другой имеют ряд преимуществ и недостатков.

При роликовом токоприемнике:

1) в качестве рабочего провода можно применять не только фасонное сечение, но и круглое, так как система провододержателя позволяет довольно крепко поддерживать последний;

2) подвесная арматура гораздо проще;

3) подвеска провода на прямых участках пути проще, так как последний подвешивается по оси пути;

4) износ рабочего провода меньше.

К недостаткам роликового токоприемника следует отнести:

1) сложность устройства всякого рода путевой сигнализации;

2) соскакивание ролика с рабочего провода, особенно на кривых участках, следствием чего является обрыв поддерживающих тросов и рабочего провода;

3) сложность устройств перехода с одного направления на другое, так как здесь приходится делать специальные стрелки, перевод которых весьма затруднителен.

Преимущества дугового токоприемника заключаются в следующем:

1) возможность развития значительно больших скоростей, нежели при ролике, не опасаясь схода дуг с рабочего провода;

2) более удобная разбивка рабочего провода на кривых участках, так как длина хорды для дуги допускается больше, а поэтому количество оттяжек и подвесной арматуры требуется меньше;

3) проще разрешается вопрос с путевой сигнализацией.

К недостаткам дуги можно отнести:

1) подвеска рабочего провода на прямых участках сложнее, так как рабочий провод должен иметь зигзагообразную линию, дабы при движении вагона провод перемещался по всей поверхности дуги; обыкновенно длина алюминиевой вставки колеблется в пределах от 1000 до 1200 *мм* и поэтому наибольшее удаление провода от оси пути не должно превышать 400—450 *мм*;

2) износ рабочего провода согласно практическим данным при дуге примерно в два раза больше, чем при ролике.

2. *Громоотвод*

Для предохранения электрооборудования моторного вагона от вредного действия атмосферных разрядов в провод, идущий от токо-

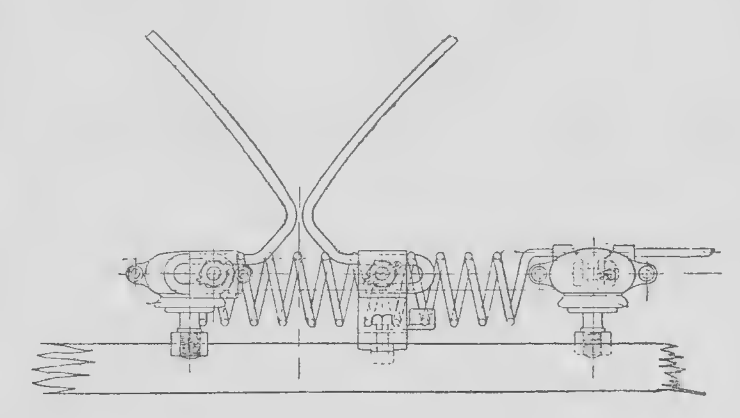


Рис. 171. Роговой громоотвод.

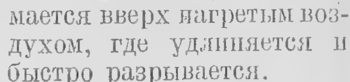
приемника, включается индукционная катушка, состоящая обычно из 10 витков голой проволоки, и параллельно к ней включается громоотвод, соединенный с землей.

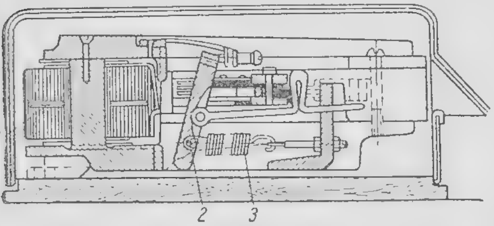
Применяемые в настоящее время громоотводы бывают с магнитным тушением и без такового — закрытого или открытого типа.

Громоотвод рогового типа (рис. 171) устанавливается на крыше вагона. Принцип устройства и работы такого громоотвода состоит в следующем: на деревянном брусе к изоляторам укреплена катушка

с большим индуктивным сопротивлением, параллельно с которой включен рог громоотвода; второй рог заземляется. Расстояние между рогами устанавливается 3,5—5 *мм*.

Грозовой разряд, идущий от рабочего провода в цепь вагона, встречает на пути индукционную катушку, в нитках которой образуется ток самоиндукции, направленный навстречу току из рабочего провода. Перенапряжение, вызванное атмосферным разрядом, пробивает воздушный зазор между рогами и, благодаря этому, ток уходит в землю. Образующаяся между рогами вольтова дуга поднимается вверх нагретым воздухом, где удлиняется и быстро разрывается.





3. Автомат

Для защиты силовой цепи от чрезмерных токов, при коротких замыканиях или при перегрузках, на каждом моторном вагоне устанавливается автоматический выключатель (рис. 172).

Устройство и действие автомата заключается в следующем: над сердечником электромагнита *1* располагается якорь *2*, сила притяжения которого к сердечнику регулируется пружиной *3*. Якорь через систему рычагов воздействует на контактный нож *4*.

При увеличении силы тока выше предела притяжение сердечника электромагнита преодолевает натяжение пружины и якорь освобождает контактный нож, вследствие чего происходит размыкание цепи.

Рис. 172. Автоматический выключатель.

Сила тока, на которую регулируется автомат, обычно превышает на 10% полученную расчетом для плавкой вставки силового предохранителя.

4. Рубильник

Кроме автоматического выключателя в силовую цепь трамвайного вагона присоединяется рубильник. Устанавливается рубильник на крыше другой площадки. Рубильник по своему устройству аналогичен автомату, но не имеет автоматического действия и слу-

жит для размыкания силовой цепи при необходимости проверки электрооборудования вагона.

5. Силовой предохранитель

Силовой предохранитель служит так же, как и автомат — для прерывания цепи в случае внезапного повышения силы тока выше предельной величины. Предохранитель (рис. 173) имеет следующее устройство: к задней стенке коробки привернуты клеммы, к которым подходят провода силовой цепи. В клеммы входят скошенные медные клинья, в которые ввертываются зажимные винты, выходящие наружу и имеющие фибровые или асбестонитовые рукоятки. Плавкая вставка зажимается клиньями в клеммы при помощи винтов. Коробка хорошо изолируется от рамы вагона и имеет внизу выдувное отверстие.

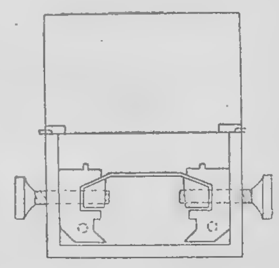


Рис. 173. Силовой предохранитель.

Силовой предохранитель обычно устанавливается снаружи вагона и прикрепляется к продольной балке кузова. Такое устройство дает возможность попадания влаги и грязи в коробку предохранителя, что влечет за собой замыкание на землю. В связи с этим в последнее время начали производить опыты применения крышевых предохранителей открытого типа.

6. Пусковые реостаты

При пуске вагона в ход ток, поступающий в моторы, не должен превышать определенного предела, вызывающего перегрев обмоток. Помимо этого чрезмерно большой ток создает большую силу тяги, которая вызовет скольжение колес.

Известно, что сила тока, проходящая через мотор, равна

$$I = \frac{E - Cn\Phi}{r},$$

где:

$Cn\Phi$ — обратная электродвижущая сила,
n — число оборотов якоря,
Φ — магнитный поток,
E — напряжение сети,
r — сопротивление обмоток мотора.

Так как в момент пуска вагона $n = 0$, то:

$$I = \frac{E}{r}.$$

Если мы в эту формулу подставим численные величины, например для мотора ДР-3К, в котором сопротивление обмотки якоря равно 0,196 *ом* и сопротивление электромагнитных катушек равно

0,213 *ом*, то при напряжении сети $E = 550$ *в* и при двух последовательно включенных моторах ток будет равен:

$$I = \frac{550}{(0,196 + 0,213)\,2} = 672 \text{ а}.$$

Такая сила тока в 9 раз превышает нормальную, а тепловой эффект будет в несколько сот раз более нормального, так как он пропорционален квадрату тока, что естественно повлечет недопустимый перегрев обмотки и разрушение изоляции.

Ограничение силы тока при пуске вагона в ход производится при помощи включения в силовую цепь сопротивления реостата R.

Тогда мы будем иметь:

$$I = \frac{E}{R + 2r}.$$

Задаваясь определенным пределом для I, можно определить R. Так например, если сопротивление мотора ДР-3К равно 0,409 *ом* и допустимую силу тока из условия сцепления колес с рельсами примем $I = 77$ *а*, то получим:

$$R = \frac{E}{I} - 2r = \frac{550}{77} - 0,818 \cong 6,2 \text{ ом}.$$

По мере увеличения скорости движения вагона обратная электродвижущая сила мотора будет увеличиваться, что повлечет уменьшение поступающего тока, а вместе с ним и силы тяги мотора. Но, имея в виду, что сила тяги, определяемая сцеплением колес с рельсом, для всего периода разгона должна быть постоянной, во избежание замедления развития скорости, необходимо ток двигателя при работе его во время пуска под реостатами также поддерживать постоянным. Для соблюдения этого условия сопротивление пускового реостата по мере развития скорости необходимо все время уменьшать и к моменту выхода на рабочую характеристику двигателя реостат должен быть выключен совсем, что делается не непрерывно, а ступенями.

Колебания тока зависят от числа ступеней реостата и чем больше таковых, тем пределы колебаний будут меньше. Однако, большое число ступеней реостата усложняет и удорожает контроллеры и кабельную проводку, вследствие чего обычно допускается колебание силы тока от среднего его значения на 15—20% в ту и другую сторону. Расчет сопротивлений отдельных ступеней реостата может быть исполнен графически. Рассмотрим графический метод определения ступеней пускового реостата для моторного вагона (рис. 174).

Возьмем две системы координат в двух соседних квадрантах. В правом квадранте нанесем скоростные характеристики мотора, отнесенные к ободу колеса для полного и половинного напряжения. Пунктиром даны характеристики при ослабленном поле. Отметим по оси абсцисс средний пусковой ток I_0 и принятые нами пределы колебания тока I_{max} и I_{min}. В левом квадранте по оси ординат принимаем скорость v и по оси абсцисс сопротивление R.

По оси абсцисс левого квадранта откладываем отрезок Oa, равный $\frac{E}{I_{max}} - 2r$, и отрезок Oc, равный $\frac{E}{I_{min}} - 2r$, представляющие сопротивления пускового реостата в соответствии с выбранными пределами колебания пускового тока I_{max} и I_{min}.

По оси ординат откладываем отрезки Ob и Od, соответствующие скорости вагона в момент выхода на рабочую характеристику мотора при токах I_{max} и I_{min} при последовательном соединении.

Линии ab и cd представляют собой пределы изменения сопротивления реостата в зависимости от скорости соответственно токами I_{max} и I_{min}.

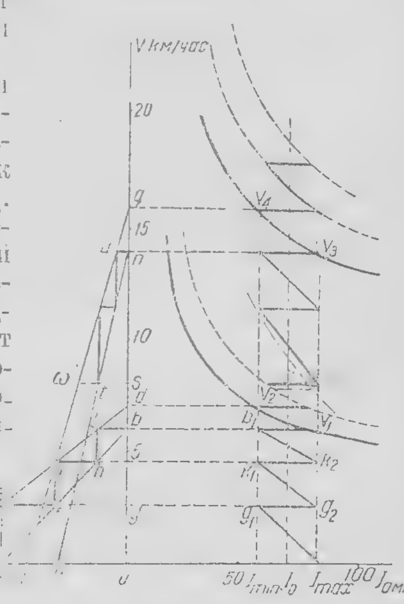


Рис. 174. Графический расчет сопротивления.

В момент пуска при включении полного сопротивления через моторы пойдет ток I_{max}, вагон начинает приобретать скорость и ток начнет понижаться до предела I_{min}. Этот предел определяется пересечением прямых ae и ce, требующий выключения первой ступени реостата, чтобы сила тока опять поднялась до I_{max}. Отрезок ef дает в соответствующем масштабе сопротивление первой ступени реостата. Рассуждая таким же образом и для последующих моментов движения вагона, мы получим отрезки ih, lb, представляющие собой величины отдельных ступеней реостата для последовательного включения.

Закончив построения ступеней реостата для последовательного включения, мы можем перейти к параллельному включению, делая соответствующие построения на прямых mn и pq. Отрезок Om равен величине $\frac{E}{2I_{max}} - \frac{r}{2}$, а отрезок Op равен $\frac{E}{2I_{min}} - \frac{r}{2}$.

Отдельные ступени реостата при параллельном включении находим тем же способом, что и при последовательном.

Если пределы колебания тока были выбраны правильно, то в момент выхода на рабочую характеристику мотора мы получим ток I_{max}.

При выборе трамвайных реостатов число ступеней для последовательного включения принимается 3—4 и для параллельного включения 2—3.

Реостаты изготовляются в виде отдельных элементов из чугуна или ферромангановых пластин и затем собираются в ящики на желез-

ных изолированных болтах (рис. 175). Отдельные элементы соединяются между собой последовательно или параллельно.

Плотность тока для чугунных реостатов допускается от 1,2 до 1,8 $A/мм^2$. Нагрев чугунных реостатов зависит от расстояния между элементами, а также от места расположения.

Допустимое нагревание пластин (элементов) лежит в пределах 200—300° C.

В последнее время большое распространение получили крышевые реостаты (рис. 176), изготовляемые из никелиновой или реотановой проволоки диаметром 3,5—3 *мм*.

Проволочные реостаты собираются в виде спиралей на особых изоляторах, закрепляемых на железном каркасе.



Рис. 175. Чугунный реостат.

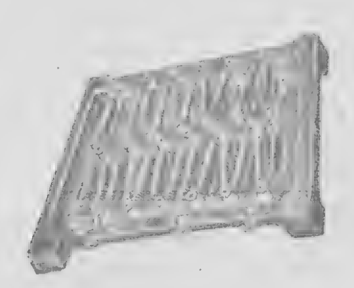


Рис. 176. Крышевой (проволочный) реостат.

7. *Контроллеры*

Все операции по управлению тяговыми моторами осуществляются при помощи особого прибора, устанавливаемого на каждой из площадок моторного вагона и называемого контроллером. Каждый контроллер должен давать возможность:

1) изменять направление движения вагона,
2) пускать вагон в ход,
3) изменять скорость движения,
4) производить выключение одного из моторов,
5) производить электрическое торможение.

Трамвайные вагоны, работающие на линии при напряжении до 600 *в* и при максимальной силе тока до 400 *а* на вагон, обычно оборудуются контроллерами барабанного типа, состоящими из вращающих барабанов с закрепленными на них сегментами, соединенными между собой в определенном порядке. При вращении барабана сегменты приходят в соприкосновение с неподвижными пружинящими контактами-пальцами, расположенными в ряд на стойке параллельно барабану, вследствие чего получаются необходимые электрические соединения.

Рассматривая развернутую схему контроллера, проследим комбинации получаемых электрических соединений, необходимых для правильного выполнения вышеприведенных функций. На приводимой схеме (рис. 177) ряд прямоугольников представляет развернуто

тые на плоскости сегменты и пластинки барабанов, а квадраты — неподвижные пальцы, к которым присоединены:

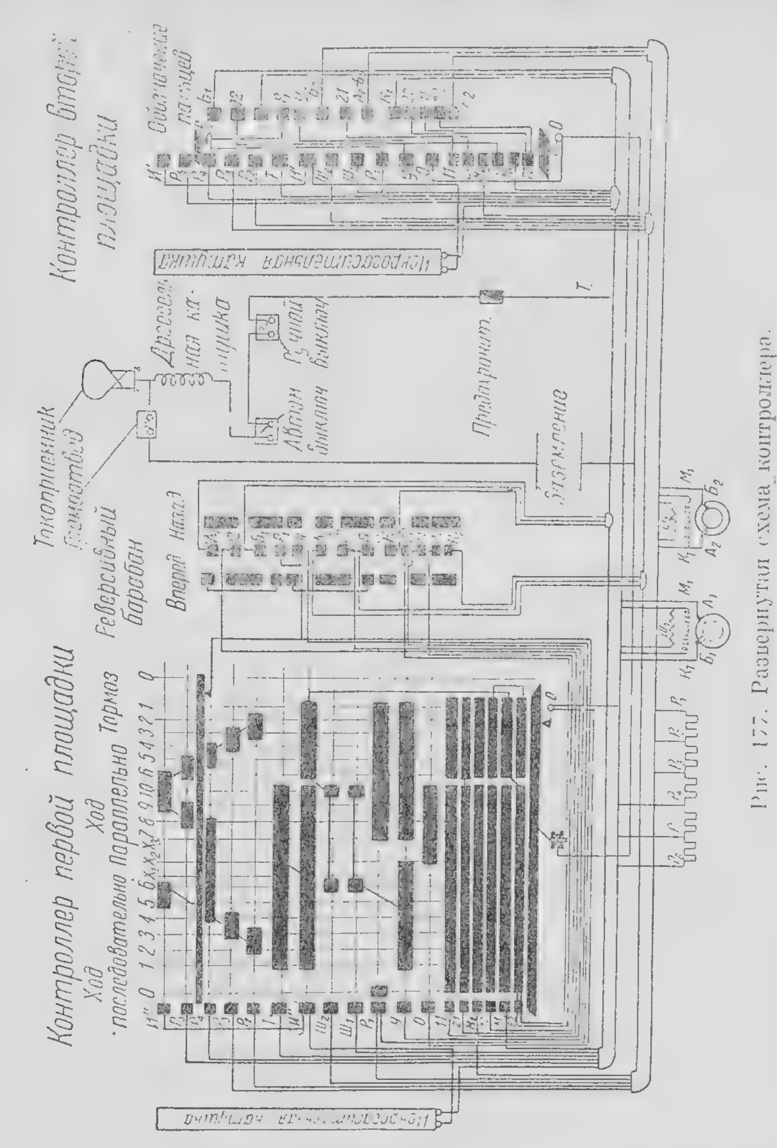


Рис. 177. Развернутая схема контроллера.

1) троллейный провод — палец T;

2) отдельные ступени пускового реостата пальца P_1, P_2, P_3, P_4, P_5;

3) щеткодержатели моторов — пальцы A_1, $Б_1$, A_2, $Б_2$;

4) электромагнитные катушки моторов — пальцы M_1, K_1, M_2, K_2;

5) шунты — пальцы $Ш_1$, $Ш_2$.

Изменение направления движения производится при помощи
реверсивного барабана, имеющего три положения: вперед, нулевое
и назад. При постановке реверсивного барабана в положение впе-
ред мы производим электрическое соединение, при котором вагон
двигается вперед. При поворачивании реверсивного барабана в по-
ложение назад ток изменит направление в якорях моторов. Благодаря
этому изменится направление вращения якорей моторов, а вместе
с тем и направление движения вагона.

Пуск вагона в ход и изменение скорости движения производятся
при помощи главного барабана, вращая который мы осуществляем
электрические соединения, дающие соответствующий путь току
в зависимости от положения барабана. Регулирование числа оборо-
тов якоря производится тремя способами:

1) включением пусковых сопротивлений в цепь моторов,
2) изменением напряжений у зажимов моторов,
3) изменением величины магнитного потока в моторах.

В соответствии с указанными способами регулирования скоро-
сти движения главный барабан контроллера устанавливается на раз-
личных позициях, дающих возможность:

1) включать и выключать пусковые реостаты,
2) соединять моторы последовательно или параллельно,
3) производить шунтировку магнитного поля.

В приводимой схеме (рис. 177) плавный пуск вагона достигается
наличием четырех ступеней реостата для последовательного
включения моторов и двух ступеней — при параллельном вклю-
чении.

Поворачиванием главного барабана контроллера на первую по-
зицию включается весь реостат, затем постепенно по мере увеличе-
ния скорости движения вагона выводятся из действия отдельные
ступени реостата до того положения, когда моторы работают последо-
вательно без реостатов при половинном напряжении, что соответ-
ствует позиции *5*. При параллельном включении моторов вновь
включаются ступени реостата с постепенным выводом таковых до
позиции *9*, когда моторы работают параллельно без реостатов при
полном напряжении.

Переход от последовательного включения моторов к параллель-
ному совершается без перерыва тока способом короткого замыка-
ния и отключением одного мотора.

При этом способе на переходных позициях конец первого мотора
соединяется с землей и одновременно включаются реостаты.

Позиции контроллера, на которых электрический ток проходит
через реостат, называются пусковыми; те же позиции, при которых
реостат выключен, называются ходовыми.

Регулирование скорости движения вагона путем изменения ве-
личины магнитного потока в моторах возможно производить либо
секционированием обмоток возбуждения и уменьшением их магнит-
ного потока путем выключения части витков, либо шунтированием
таковых специальным шунтом. Первый способ требует специаль-
ной конструкции обмоток главных полюсов.

При шунтировании поля часть тока возбуждения отводится через шунт, причем распределение тока между обмоткой возбуждения и сопротивлением (шунтом) происходит по закону Кирхгофа обратно пропорционально их омическим сопротивлениям. В приведенной схеме позиции *6* и *10* соответствуют шунтировке поля.

На рис. 178 изображены развернутые схемы прохождения тока на отдельных позициях контроллера.

Для выключения одного из моторов в случае его неисправности в контроллерах имеются специальные устройства, выполненные разными способами. В последних конструкциях контроллеров такое выключение производится путем сдвига вверх или вниз реверсивного

Рис. 178. Развернутые схемы.

барабана, что делается малой рукояткой, насаживаемой на особую головку, расположенную сзади контроллера и связанную с реверсивным барабаном.

Электрическое торможение, осуществляемое при помощи контроллера, производится путем отключения моторов от рабочего провода и замыкания их на сопротивления. В этом случае моторы, работая как генераторы, развивают момент, противодействующий вращению якоря, а следовательно стремящийся остановить вагон.

По мере замедления скорости вагона сопротивления, введенные в цепь моторов, постепенно уменьшаются с тем, чтобы поддержать в них ток и тормозящее усилие постоянным. Таким образом при торможении мы имеем несколько позиций со все уменьшающейся величиной сопротивления. На последней позиции производится полное выключение всех сопротивлений, и якоря моторов замыкаются накоротко. Во время торможения оба мотора всегда включаются параллельно. При повороте рукоятки контроллера на тормозные по-

зиции производится переключение концов обмоток возбуждения у обоих моторов во избежание размагничивания полюсов.

Для исключения возможности появления разности электродвижущих сил на разных моторах, вследствие чего ток, получаемый в одном из моторов, может направиться в другой мотор, сократив

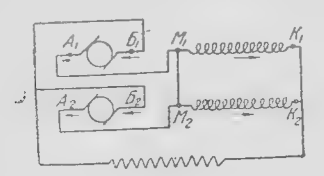


Рис. 179. Схема электрического торможения с уравнительным соединением.

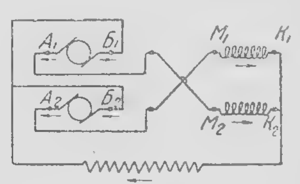


Рис. 180. Схема электрического торможения с перекрестным питанием обмоток.

тем самым эффект торможения, в контроллерах обычно устраиваются добавочные соединения, способствующие выравниванию электродвижущих сил на обоих моторах.

Такое выравнивание электродвижущих сил может производиться при помощи уравнительного провода, включаемого между цепью якорей двух моторов и цепью катушек (рис. 179) или перекрестным питанием обмоток возбуждения (рис. 180), при котором якорь первого мотора соединяется с главными полюсами второго мотора, а якорь второго мотора с полюсами первого мотора.

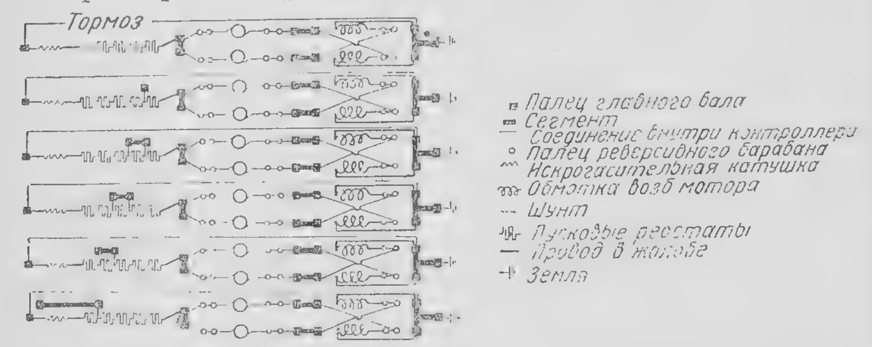


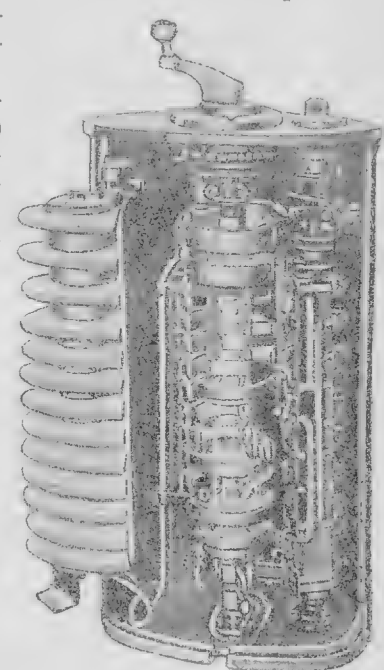
Рис. 181. Схема токопрохождения при электрическом торможении.

В современных контроллерах тормозной барабан обычно помещается под главным барабаном на одном с ним валу. На рис. 181 показана развернутая схема прохождения тока на всех позициях электрического торможения.

Вследствие разрывов тока силовой цепи, производимых контроллером, между пальцами и сегментами последнего образуется вольтова дуга, дающая вредные действия. Для гашения дуги каждый контроллер оборудуется мощной искрогасительной катушкой, через которую проходит весь рабочий ток, поступающий в моторы. Искрогасительная катушка представляет собой обмотку из медного

провода, намотанную на железный сердечник. В современных катушках обмотка распадается на ряд секций, каждая из которых действует в районе двух соседних пальцев. Кроме того между контактными сегментами главного барабана устанавливаются перегородки из несгораемого материала, препятствующие получающейся искре перескакивать между пальцами.

Магнитный поток, образуемый искрогасительной катушкой, проходит перпендикулярно к направлению пальцев, и вольтова дуга, вследствие механического действия магнитного поля, отбрасывается в сторону и разрывается. Для уменьшения нагревания искрогасительных катушек последние на ходовых положениях контроллера обычно выключаются.


Рис. 182. Контроллер.

В конструктивном выполнении контроллер современного типа (рис. 182) состоит из чугунного корпуса с соответствующими приливами для укрепления барабанов и стоек, с отверстием сзади для заднего щита, предназначенного для ввода наружных проводов непосредственно к клеммам пальцев. Большая рукоятка соединена с осью главного барабана при посредстве особого защелкивающего механизма, не позволяющего поворачивать главную рукоятку в направлении хода сразу более, чем на одно деление. Блок связывает главный и реверсивный барабаны таким образом, что главный барабан поворачивается только тогда, когда реверсивная рукоятка стоит на положении «вперед» или «назад», а реверсивная рукоятка может поворачиваться только при положении главной рукоятки «стоп».

Главный барабан состоит из стальной квадратной оси, на которую надета изоляция и медные или чугунные втулки с кронштейнами, к которым укрепляются сегменты. Реверсивный барабан собирается на стальном квадратном валу и состоит из отдельных медных отливок. Пружинные пальцы укрепляются к металлическим изолированным стойкам.

Искрогасительный прибор состоит из отдельных искрогасительных катушек, надетых на вращающемся валу и заключенных в искрогасительный щиток; искрогасительные перегородки изготовлены из асбестонита и имеют впрессованными внутри железные пластины — полюсы.

Все части контроллеров с передней стороны закрываются железным кожухом, внутренняя сторона которого оклеена асбестом. Весь корпус контроллера, а также ось главного барабана замед-

ляется во избежание получения ударов от электрического тока при соединении токонесущих частей контроллера с корпусом.

8. Кулачковые контроллеры

С применением четырехосных моторных вагонов и при увеличении пусковых токов барабанный контроллер не удовлетворяет эксплоатационным требованиям и заменяется более гибким и надежным — кулачковым контроллером.

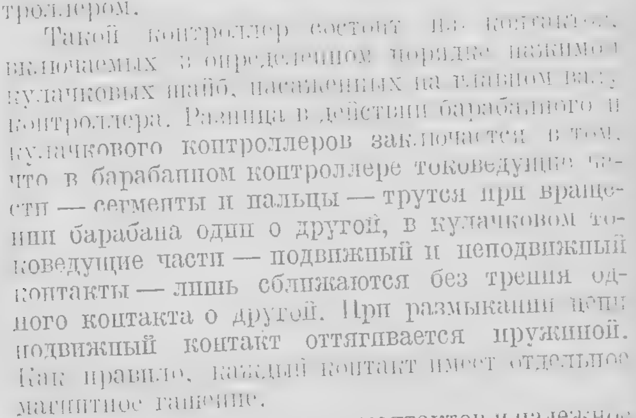


Рис. 183. Кулачковый контроллер Метрополитен-Виккерс.

Такой контроллер состоит из контактов, включаемых в определенном порядке нажимом кулачковых шайб, насаженных на главном валу контроллера. Разница в действии барабанного и кулачкового контроллеров заключается в том, что в барабанном контроллере токоведущие части — сегменты и пальцы — трутся при вращении барабана один о другой, в кулачковом токоведущие части — подвижный и неподвижный контакты — лишь сближаются без трения одного контакта о другой. При размыкании цепи подвижный контакт оттягивается пружиной. Как правило, каждый контакт имеет отдельное магнитное гашение.

Отсутствие скользящих контактов и надежное искрогашение обеспечивают этим контроллерам минимальный износ и значительное упрощение и уменьшение ухода.

На рис. 183 приводится общий вид кулачкового контроллера фирмы Метрополитен-Виккерс. Кулачковый вал вращается посредством стальных конических шестеренок, соединенных со стержнем главной рукоятки (рис. 184). Реверсивный вал, сделанный из бакелита, помещается выше контактов. Он насажен на стержень свободно и приводится в движение от добавочной рукоятки, соединенной с главной посредством механизма, ограничивающего движение главной рукоятки.



Рис. 184. Кулачковый вал.



9. Трамвайные моторы

1. Общие сведения

На трамвайных вагонах городских и пригородных железных дорог в СССР нашли исключительное применение моторы постоянного тока с последовательным возбуждением (сериесные), как имеющие большие преимущества по сравнению с шунтовыми.

Если обратиться к условиям работы тягового мотора, то мы увидим, что они характеризуются значительным изменением силы тяги

благодаря разнообразию профиля пути, а также ввиду необходимости при трогании с места развивать значительно бо́льшую силу тяги для разгона поезда, чем для поддержания установившегося движения.

Учитывая указанное обстоятельство, сравним электромеханические свойства сериесного и шунтового моторов для выявления эксплоатационных достоинств каждого из них.

Характерными величинами, определяющими свойства тягового мотора, являются: 1) скорость вращения якоря, выраженная в числе оборотов его в минуту; 2) вращающий момент, развиваемый на валу.

Число оборотов якоря определяется уравнением:

$$n = \frac{E - IR}{\Phi} \cdot \frac{a \cdot 60 \cdot 10^{8}}{pN},$$

где:

E — напряжение на зажимах мотора,
I — ток, проходящий через мотор,
Φ — магнитный поток,
R — полное сопротивление мотора,
a — число пар параллельных ветвей якоря,
p — число пар полюсов,
N — число проводников якоря.

Для выполненного двигателя выражение $\frac{pN}{60\,a} \cdot 10^{-8} = C$ величина постоянная, поэтому

$$n = \frac{E - IR}{\Phi \cdot C}.$$

Из этой формулы видно, что число оборотов мотора обратно пропорционально магнитному потоку, а так как у сериесного мотора величина потока до насыщения железа пропорциональна силе тока в якоре, то с увеличением нагрузки число оборотов мотора будет падать.

В шунтовом моторе ток возбуждения зависит главным образом от линейного напряжения и весьма мало зависит от нагрузки, следовательно магнитный поток в этом случае можно считать величиной более или менее постоянной. При наличии устойчивого напряжения в сети можно считать, что число оборотов шунтового мотора в зависимости от нагрузки изменяется весьма мало.

Величина вращающего момента в килограммометрах на валу якоря может быть выражена формулой:

$$M = \eta \frac{N \cdot p}{a \cdot 2\pi \cdot 9{,}81} \cdot I \cdot \Phi \cdot 10^{-8},$$

где η — коэфициент, учитывающий потери в моторе.

В приведенной формуле $\frac{Np\,10^{-8}}{a \cdot 2\pi \cdot 9{,}81}$ для данной машины величина постоянная, тогда

$$M = C_1 \cdot \eta \cdot I \cdot \Phi.$$

Как видно из формулы, вращающий момент сериесного мотора прямо пропорционален нагрузке и магнитному потоку и практически мало зависит от линейного напряжения. Так как возбуждение шунтовых моторов пропорционально линейному напряжению, то при падении напряжения будет понижаться вращающий момент; это обстоятельство сильно сказывается при трогании вагона с места и езде на подъем, когда шунтовой мотор требует бо́льшую мощность, чем сериесный.

На рис. 185 приведены заводские характеристики сериесного мотора:

$$v = f_1(I),\ F = f_2(I),\ \eta = f_3(I).$$

Из приведенных формул, а также из практических свойств моторов, мы можем вывести заключение о следующих преимуществах сериесного мотора по сравнению с шунтовым для электрической тяги:

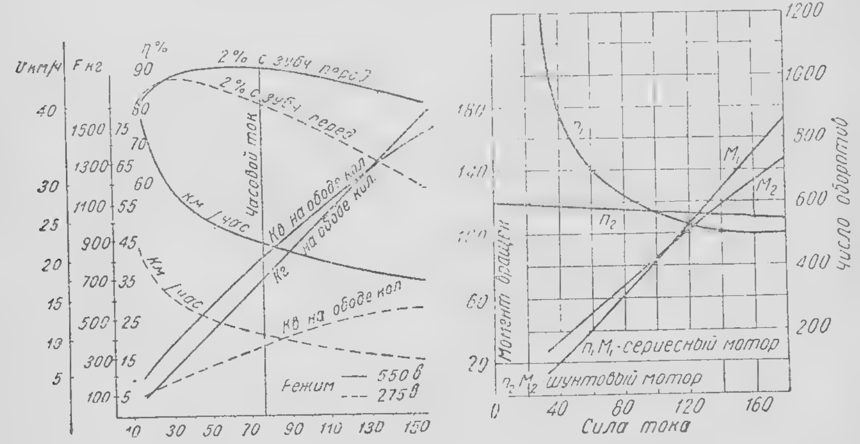


Рис. 185. Характеристичные кривые мотора.

Рис. 186. Сравнительные характеристичные кривые.

1) лучшее удовлетворение эксплоатационных требований, когда при изменении условий движения автоматически изменяется и скорость и вращающий момент;

2) более легкая возможность достижения больших скоростей благодаря простоте шунтировки поля;

3) значительное приращение скорости на путях с легким профилем после выключения реостатов;

4) большая равномерность пагрузки между параллельно включенными моторами на наличии разницы в диаметрах колес и при неидентичности характеристик моторов;

5) меньшее потребление тока при перегрузках благодаря тому, что сериесный мотор при перегрузке и одной и той же силе тяги будет работать с меньшей скоростью, чем шунтовой;

6) при внезапных повышениях напряжения в сети начальный толчек тока и продолжительность его будет меньше в сериесных моторах, чем в шунтовых.

На рис. 186 приведены сравнительные кривые для скорости и силы тяги сериесного и шунтового моторов.

2. Конструкция моторов

Трамвайный мотор, работающий в своеобразных условиях и расположенный под кузовом вагона, требует некоторых конструктивных особенностей, отличающих его от мотора стационарного типа. Основные требования, коим должны удовлетворять конструкции трамвайного мотора, сводятся к следующему:

1) корпус должен быть закрытого типа, чтобы защитить обмотку и другие части от попадания воды и снега;

2) вес должен быть по возможности меньший с целью уменьшения неподрессоренного веса вагона;

3) размеры должны быть малы для возможности размещения его в тележках с колесами малого диаметра;

4) должна быть обеспечена достаточная вентиляция для отвода теплоты, развивающейся при длительной работе мотора.

Корпус мотора, выполняющий назначение не только закрытия всех важнейших частей мотора, но и служащий магнитопроводом, отливается из магнитной стали и имеет часто восьмигранную форму. Ранее корпусы тяговых моторов изготовлялись разъемного типа и состояли из двух половинок. В последние годы моторы изготовляются преимущественно с неразъемными корпусами.

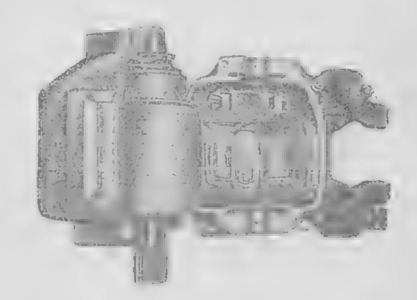


Рис. 187. Мотор с разъемным корпусом.

Наличие разъемного корпуса (рис. 187) позволяет производить выемку якоря непосредственно на канаве без снятия мотора с вагона, что в условиях эксплоатации представляет некоторые преимущества, с другой же стороны выемка якоря под вагоном в канаве создает угрозу повреждения обмотки якоря, да и сам ремонт мотора на канаве не гарантирует тщательного и безукоризненного исполнения.

Кроме того, в проработавшем некоторое время моторе место стыка двух половинок разрабатывается, что влечет образование щелей и попадание через них внутрь мотора пыли и влаги и, кроме того, нарушается магнитная система, что ухудшает в конечном итоге работу мотора.

Цельнокорпусные моторы при наличии неисправности отдельных частей требуют обязательного снятия его с вагона и производства полной разборки. Получаемое при этом незначительное увеличение времени, потребного на разборку мотора, в конечном счете окупается тем, что в этом случае имеется полная возможность устранить те дефекты, которые могли остаться незамеченными при выемке одного якоря в разъемном моторе.

Материал, идущий на отливку корпусов, имеет следующие свойства:

1. Химический состав:

углерод — 0,09÷0,15%,
марганец — 0,3÷0,6%,
кремний — 0,15÷0,35%,
фосфор — 0,035÷0,065%,
сера — 0,02÷0,045%.

2. Механические качества:

временное сопротивление на разрыв — 36÷38 $кг/мм^2$,
удлинение — 26÷30%.

3. Магнитные качества:

индукция B = 7500 при 3,5 ампервитках на 1 *см*,
индукция B = 10 000 при 5,5 ампервитках на 1 *см*,
индукция B = 15 000 при 21,5 ампервитках на 1 *см*.

Для осмотра щеток и очистки коллекторов в верхней части корпуса устраивается смотровой люк с плотно закрывающейся крышкой. В нижней части корпуса также имеется люк, закрываемый крышкой на болтах; через этот люк производится осмотр соединения проводов внутри мотора, проверяется крепление нижних магнитных катушек и удаляются грязь и пыль.

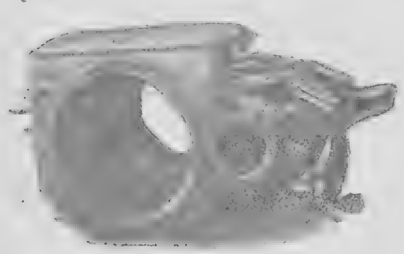


Рис. 188. Остов цельнокорпусного мотора.

В верхней части торцевых частей корпуса располагаются вентиляционные отверстия, покрытые металлическими предохранительными сетками.

Для подвески мотора к тележке в корпусе имеются приливы, к которым крепятся траверсы при помощи двух болтов на каждый прилив; с другой стороны корпуса имеются моторно-осевые буксы со сменными бронзовыми вкладышами.

В цельнокорпусных моторах торцевые стороны закрываются якорными щитами, в которых размещаются якорные подшипники.

На рис. 188 показан общий вид цельного корпуса трамвайного мотора, выпускаемого заводом Динамо им. С. М. Кирова.

Главные полюсы выполняются отдельно от корпуса из штампованных железных хорошо очищенных листов толщиной 0,5—0,8 *мм*, оклеенных тонкой бумагой и стянутых заклепками в одно целое. Прикрепление полюсов к корпусу мотора производится двумя шпильками, ввертываемыми в стальной валик, помещенный в теле полюса.

Дополнительные полюсы выполняются большей частью из литой стали и располагаются в промежутках между главными полюсами.

Катушки главных и дополнительных полюсов наматываются из меди квадратного или прямоугольного сечения с двойной хлоп-

хлопчатобумажной изоляцией. Изготовленные катушки пропитываются тугоплавкой компаунд-массой в специальном вакуум-аппарате.

Укрепление катушек на полюсах производится при помощи полюсных башмаков и пружинных стальных шайб.

Сердечник якоря (железо) набирается из отдельных листов динамного железа, толщиной 0,5 *мм*, тщательно изолированных друг от друга лаком или бумагой.

Листы имеют выштампованные отверстия для вентиляционных каналов. Собранное железо якоря напрессовывается на втулку и зажимается специальной нажимной шайбой. Такая конструкция позволяет легко производить снятие железа якоря при смене вала. Якорные валы обычно изготовляются из осевой стали со следующими свойствами:

временное сопротивление 55—60 *кг/мм*^{2},
предел упругости 20—45 *кг/мм*^{2},
относительное удлинение 12—14%.

Обмотка якоря выполняется из отдельных секций, изготовленных заранее комплектно при помощи шаблонов. Обмотка изолируется хлопчатобумажной лентой на шеллаке. Пазы якоря также изолируются леатероидом или прессшпаном, вырезанным в форме коробочки. Якорные секции до начала обмотки пропитываются в лаке и высушиваются. Собранный якорь вторично подвергается пропитке в лаке и соответствующей сушке.

Для лучшего заполнения якорных пазов обмоточный провод обычно выполняется из меди прямоугольного сечения, обмотанной хлопчатобумажной пряжей. Закрепление обмотки в пазах производится бандажами из стальной проволоки или помощью буковых клиньев, заколачиваемых в пазы.

Обмотка якоря трамвайного мотора выполняется обычно последовательной с двумя параллельными цепями.

Коллектор набирается из отдельных пластин твердотянутой меди и насаживается на особую коробку. Затяжка коллекторных пластин производится при помощи специальной нажимной шайбы, входящей своим конусом в угловые вырезы ласточкина хвоста коллекторных пластин.

Соединение обмотки якоря с коллекторными пластинами производится через так называемые петушки.

Коллекторные пластины изолируются друг от друга миканитом или мегомитом. Изоляция пластин от корпуса коробки производится особыми манжетками из миканита, закладываемыми между ласточкиным гнездом пластин и кожухом коробки.

Щеткодержатели обычно отливаются из меди и устанавливаются один по отношению к другому под углом 90°. Корпус щеткодержателя укрепляется к мотору одним или двумя болтами и тщательно изолируется от корпуса мотора. Нажим на щетки производится помощью пальца со спиральной пружиной, регулируемой храповиком, сидящим на одной с ней оси. Щетка прижимается к коллектору с силой 0,4—0,5 *кг* на каждый квадратный сантиметр площади

щетки, что в достаточной степени гарантирует хороший контакт при работе мотора в условиях движения вагона.

Современные моторы большой мощности при малых размерах с сильным магнитным насыщением уже не могут отдавать получаемую теплоту от имеющихся потерь через поверхностное охлаждение и требуют добавочных устройств для усиленной вентиляции. Рационально устроенная вентиляция позволяет значительно увеличивать продолжительную мощность мотора. Обычно вентиляция осуществляется двумя способами. При первом способе вентилятор устанавливается вне трамвайного мотора и приводится в движение специальным мотором. Воздух в этом случае подводится по особой трубе с одной стороны мотора, и, омывая внутреннюю часть последнего, выходит через щели с другой стороны. Такой тип вентиляции называется независимой системой. При втором способе вентилятор насаживается непосредственно на якорь мотора и при вращении последнего засасывает наружный воздух и прогоняет его вдоль якоря мотора. Моторы с такой системой вентиляции называются самовентилирующимися.

Независимая система вентиляции позволяет регулировать количество прогоняемого воздуха и не зависит от скоростей вращения мотора, что дает возможность охлаждать моторы не только во время движения, но и на остановках. Однако, большой вес независимой установки с необходимостью отведения для нее специального места, а также сравнительно высокая стоимость добавочного оборудования на моторный вагон снижают достоинства независимой системы. Поэтому все современные трамвайные моторы строятся исключительно самовентилирующимися.

Расположение вентилятора осуществляется либо со стороны коллектора, либо со стороны шестерни. При расположении вентилятора со стороны коллектора забор воздуха производится через вентиляторные люки со стороны шестерни, и струя воздуха, омывая охлаждаемые поверхности якоря и катушек, выходит в вентиляционные отверстия со стороны коллектора. При этом угольная пыль, образующаяся от щеток, удаляется из мотора. Такое направление воздуха в моторе устраняет возможность загрязнения угольной пылью катушек, обмотки якоря и вентиляционных каналов в железе якоря, но несколько ухудшает условия охлаждения коллектора, так как последний омывается уже подогретым воздухом.

При расположении вентилятора со стороны шестерни облегчается выемка якоря при разборке мотора, так как не требуется снятие якорной шестерни и щеткодержателей. Однако при этом расположении вентилятора на коллекторе и на обмотках осаждается много пыли. Кроме того, поступающая на коллектор свежая струя воздуха с пылью вызывает более интенсивный износ угольных щеток.

Вентиляция моторов бывает параллельная и последовательно-параллельная. Наибольшее распространение в трамвайных моторах получила параллельная вентиляция, при которой поток воздуха, попадающий в средину мотора, делится на два параллельных потока: один проходит через каналы коллектора и железо якоря.

другой же омывает наружную поверхность якоря и магнитных катушек. Таким образом внутренний поток охлаждает коробку коллектора и железо якоря, а наружный — обмотку якоря и катушки.

В старых конструкциях моторов якорные подшипники применялись скользящие из бронзы или стали с баббитовой заливкой, у современных моторов устанавливаются исключительно роликовые якорные подшипники.

По сравнению со скользящими роликовые подшипники имеют следующие преимущества:

1) уменьшают трение, а следовательно и пусковой ток мотора;

2) увеличивают коэфициент полезного действия мотора;

3) позволяют уменьшать междужелезное пространство;

4) требуют меньшего ухода и дают экономию смазочного материала;

5) имеют длительный срок службы.

Внутренняя обойма подшипника насаживается или непосредственно на вал, или через коническую втулку.

Для предупреждения попадания смазки из подшипника внутрь мотора в теле подшипникового щита делаются две канавки, в которые вставляются уплотнительные кольца из войлока, пропитанного парафином.

Моторно-осевые подшипники делаются исключительно скользящими бронзовыми. Смазка производится посредством шерстяной или бумажной подбивки, помещаемой в моторно-осевые буксы.

Передача вращения от мотора колесной паре в трамвайных вагонах осуществляется одной парой зубчатых колес. Другие системы передач пока широкого применения не нашли.

Отношение зубчатой передачи чаще всего берется в пределах 4.5 : 1 ÷ 6 : 1.

Малая шестерня изготовляется из хорошо прокованной высокосортной стали с сопротивлением на разрыв, равный 60—70 *кг/мм*^{2}, и удлинением, равным 12—14%. Якорный вал в месте насадки шестерни имеет конус со шпоночной канавкой, на конце вала делается резьба, на которую навинчивается гайка, предупреждающая шестерню от соскакивания.

Большое зубчатое колесо изготовляется из литой стали и состоит из двух половинок.

Закрепление зубчатого колеса на оси производится на шпонке при помощи болтов.

Зацепление трамвайных шестерен выполняется: нормальное по эвольвенте, по системе АЕГ или МААГ.

Для бесшумной работы, меньшего износа и увеличения коэфициента полезного действия зубчатую передачу помещают в кожух, в который закладывается густая смазка.

За границей применяются цельные большие шестерни, насаживаемые на вагонную ось гидравлическим прессом.

ГЛАВА V

ТРАМВАЙНЫЕ ПАРКИ

1. Назначение и расположение парков

Продолжительность работы подвижного состава на линии в течение суток определяется характером жизни города и при существующих условиях колеблется от 18 до 21 часа. Некоторые города с сильно развитой промышленностью имеют круглосуточное движение трамвая, причем в ночное время население обслуживается значительно сокращенным количеством вагонов.

Освобождаемый от работы на линии подвижной состав возвращается в трамвайные парки, где подвергается уборке, осмотру и подготовке к работе на следующий день. В этих же парках производится необходимый текущий и плановый периодический ремонт вагонов.

К каждому парку, обслуживающему определенные маршруты, приписывается необходимое количество вагонов и закрепляется штат ремонтных рабочих, кондукторов, вагоновожатых и др.

Назначение парка предопределяет характер его сооружений, обычно состоящих из парковых путей, вагонного сарая с ремонтными мастерскими и служебных зданий для обслуживающего персонала.

Место расположения парка по отношению к существующим маршрутам движения должно выбираться с учетом необходимости равномерного и своевременного насыщения линии вагонами и не должно вызывать слишком больших непроизводительных (нулевых) пробегов вагонов как при выпуске, так и заходе их после работы.

Емкость парка определяется количеством вагонов, обслуживающих соответствующие участки сети. Сооружение большого количества парков малой емкости нецелесообразно, так как расходы на организацию и техническое оснащение таковых могут значительно превышать экономию, получаемую от уменьшения непроизводительных пробегов.

Опыт эксплоатации трамвая в средних по величине городах приводит к заключению, что наиболее приемлемая емкость парка должна находиться в пределах 150÷200 инвентарных вагонов для средних городов и 200÷250 вагонов для крупных городов.

2. Типы парков

Одним из основных видов подготовки вагонов к выпуску на линию является ежедневный ночной осмотр с устранением всех обнаруженных дефектов. Такой вид осмотра вагонов применяется многими трамваями и в настоящее время и имеет более или менее постоянную номенклатуру работ.

Все вагоны, заходящие в парк после движения, поступают на осмотр в вагонные сараи, оборудованные канавами. Устройство ва-

гонных сараев и расположение парковых путей производится в зависимости от принятой системы осмотра и ремонта вагонов. Кроме того, расположение парковых сооружений зависит от конфигурации участка, предназначенного для парка.

Трамвайные парки строятся трех типов: закрытые, открытые или комбинированные.

Закрытые парки рассчитываются на установку всех вагонов в закрытых сараях, где и производится необходимый осмотр и ремонт вагонов.

Вагонные сараи оборудуются тупиковыми или сквозными путями. При устройстве тупиковых путей длина вагонного сарая рассчитывается на размещение не более 6—9 вагонов на каждом пути. В парках с тупиковыми путями заход и выход вагонов производится с одной стороны. Слишком большая длина путей вызывает большие потери времени на маневрирование, что удлиняет срок выпуска и приема вагонов. Помимо этих соображений тупиковые вагонные сараи большой длины недопустимы с точки зрения пожарной безопасности.

На рис. 189 изображен план тупикового парка. Здесь вагонные сараи обособлены. Мастерские выделены частично в отдельное помещение. Также выделены в особые корпусы и остальные подсобные и служебные помещения.

Смотровые канавы устроены на всем протяжении вагонных сараев. Во время ночной стоянки имеется полная возможность произвести тщательный осмотр вагонов.

При устройстве вагонного сарая со сквозными путями прием и выпуск вагонов может производиться с двух сторон, что значительно сокращает время на маневрирование и позволяет делать длину сарая с расчетом размещения 6—12 вагонов на каждом пути.

На рис. 190 приведен план парка со сквозными путями. Парк состоит из трех отдельных сараев, разделенных стеной с воротами на полусараи. Разделение сараев поперечной стеной предусмотрено для устранения сквозняков при открытых воротах с обеих сторон сарая, что важно для сохранения нормальной температуры помещения зимой, а также для создания нормальных условий работы обслуживающего персонала.

В этом парке вспомогательные мастерские помещены внутри вагонного сарая.

Все пути в сараях также оборудованы смотровыми канавами.

По существующим нормам[1] для вагонов шириной 2600 *мм* при сооружении трамвайных парков закрытого типа применяются следующие размеры:

1) расстояние между габаритом вагона и раскрытыми въездными во двор парка воротами не должно быть менее 600 *мм*;

2) расстояние между габаритами вагонов, находящихся на параллельных путях во дворе, не должно быть менее 1200 *мм*,

---

[1] Нормы приняты на IV Всесоюзном трамвайном съезде в мае 1934 г. и опубликованы в ч. I, вып. 13 Трудов ВТАБ'а. Гострансиздат, 1935 г.

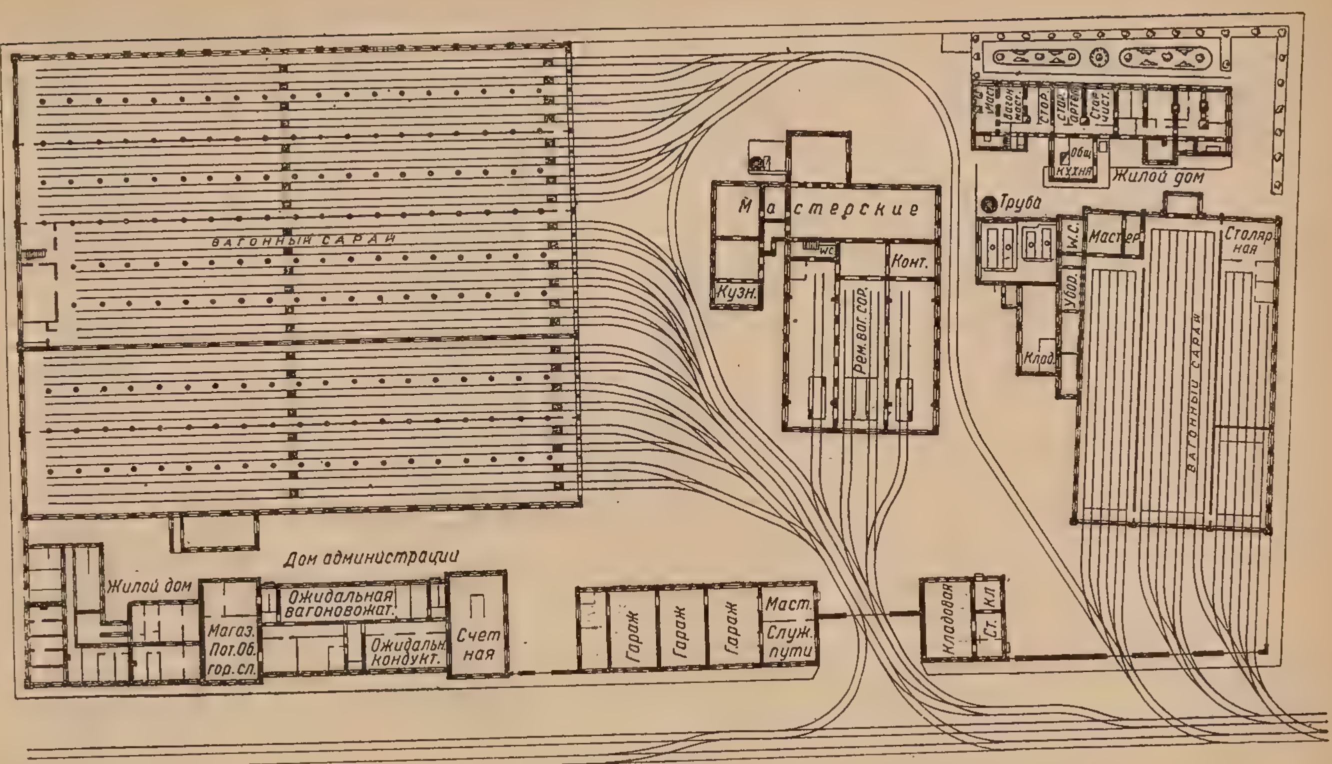


Рис. 1189. Тупиковый парк.

а на междупутьях, где будет складываться снег, — не менее 3650 *мм*;

3) расстояние между габаритом вагона и раскрытыми воротами вагонного сарая не должно быть менее 300 *мм*;

4) расстояние между капитальной продольной стеной сарая и габаритом вагона не должно быть менее 1500 *мм*; в том случае, если

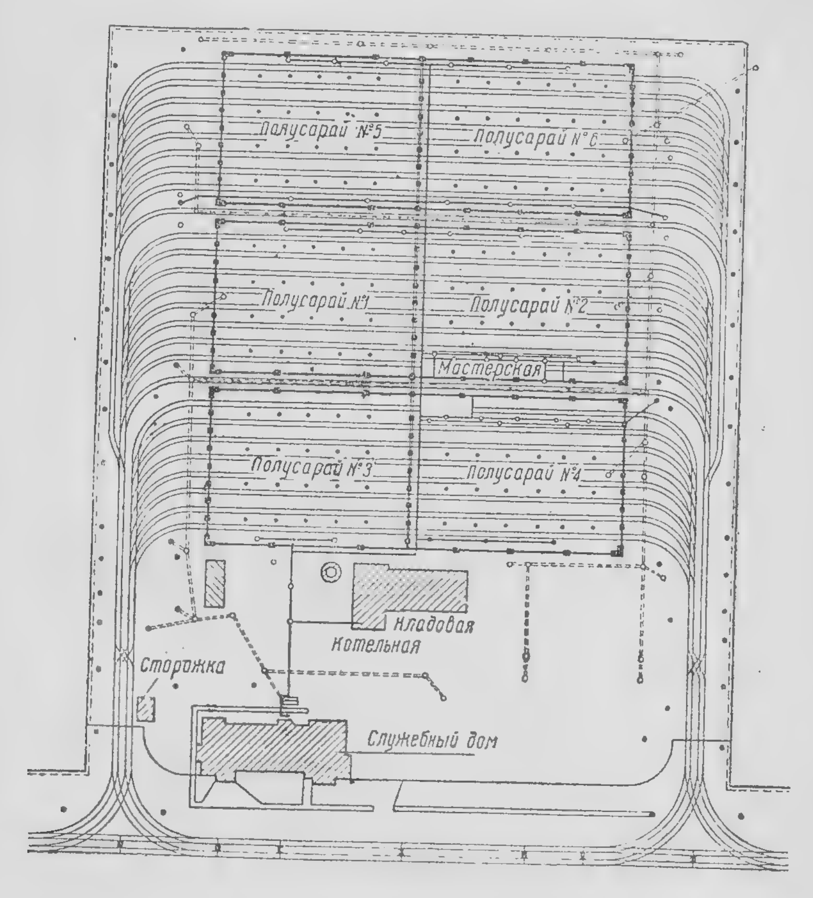


Рис. 190. Сквозной закрытый парк.

в стене имеются двери в производственные помещения, это расстояние должно быть не менее 3000 *мм*;

5) расстояние между внутренней продольной стеной сарая и габаритом вагона не должно быть менее 750 *мм*;

6) расстояние между задней торцевой стеной сарая и буфером вагона не должно быть менее 2000 *мм*; при наличии канавы и лестницы в нее это расстояние должно быть не менее 3500 *мм*;

7) расстояние между габаритами вагонов, стоящих на соседних канавах, при отсутствии междупутных столбов и при отсутствии

подъемок вагонов в парке не должно быть менее 1200 *мм*, а при подъемке вагонов в парке это расстояние должно быть не менее 2400 *мм*;

8) расстояние между вагонами, стоящими на одной канаве, не должно быть менее 250 *мм*;

9) расстояние от крыши вагона до потолка сарая или до стропил не должно быть менее 2500 *мм*;

10) расстояние от крыши вагона до перемычки ворот сарая не должно быть менее 1300 *мм*;

11) средняя глубина канавы для осмотра вагонов должна приниматься в 1400 *мм* от поверхности головки рельса.

Для въезда в сарай на каждом пути устраиваются ворота.

Имеются парки, в которых разветвление путей произведено в пределах сарая. Такое устройство удобно в эксплоатации, однако расположение веера внутри сарая вызывает увеличение первоначальных затрат.

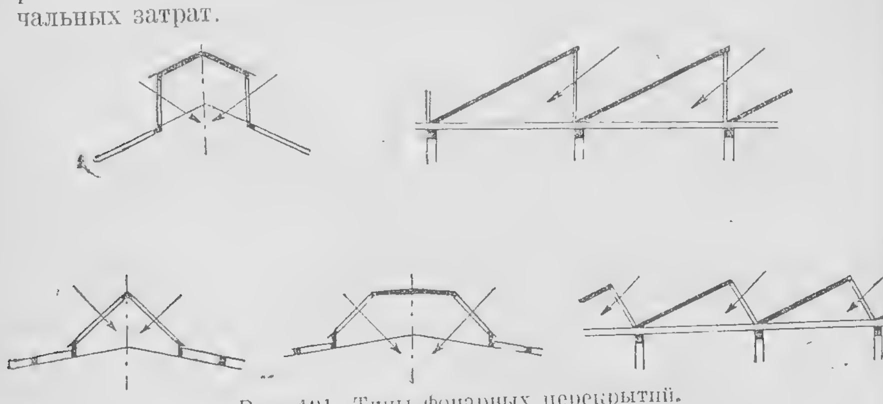


Рис. 191. Типы фонарных перекрытий.

Верхние перекрытия вагонных сараев делают обычно фонарного типа деревянной, железной или железобетонной конструкции. Деревянные конструкции находят все меньше применения благодаря противогнилостной и противопожарной неустойчивости.

На рис. 191 изображены типы фонарных перекрытий.

В последнее время широко применяется железобетонная конструкция верхнего перекрытия. При больших пролетах главные перекрытия, идущие поперек путей, иногда облегчаются вырезами.

Для утепления перекрытий применяется теплоизоляционный материал в форме плит, изготовляемых из камышита, пробки и торфа. Кровельные покрытия выполняются из железа, рубероида или толя.

Особое внимание при постройке парков уделяется устройству смотровых канав.

Канавы делают или вдоль каждого пути на всю длину сарая, оставляя междупутье заполненным землей, или под всей площадью пола делают сплошную выемку, и в выемке располагают эстакады, на которых укладываются рельсы. На уровне головки рельсов

в данном случае делается настил пола. Последний способ хотя и вызывает значительное увеличение первоначальных затрат на выемку грунта, но в эксплоатации безусловно удобнее, так как дает возможность в любом пункте канавы сообщаться с другими канавами и кроме того позволяет использовать пространство в междупутьи для установки приборов отопления и пр.

Полы в канавах делаются с продольным уклоном, равным 0,003 к одному концу здания, для отвода вод, появляющихся при обмывании вагона и при таянии снега и льда. При значительной длине канав уклон делают от средины в обе стороны и в самом низком месте устанавливают приемные люки и колодцы, отводящие воды в канализацию.

Пол и стены в сараях со сплошными канавами делаются обычно бетонными. Для перехода через смотровые канавы делаются мостики различных конструкций.

Нижнее строение путей в вагонных сараях делается самых разнообразных конструкций. Наиболее часто применяются следующие виды устройств:

а) сплошные каменные стенки или отдельные кирпичные столбы;

б) бетонные стенки или отдельные стойки с укладкой рельсов на чугунной подушке или деревянном брусе;

в) чугунные или железные колонки;

г) железобетонные рамной конструкции.

Сплошные каменные стенки и столбы, а также бетонные стойки, вызывающие большие затраты на устройство, имеют недостатки в эксплоатации, так как занимают много места и благодаря недостаточной прочности требуют значительных расходов на ремонты.

Чугунные колонки широкого применения не нашли вследствие дороговизны изготовления таковых.

Железные стойки обычно делаются из балок или кусков старых рельсов. Жесткость установленной системы стоек достигается тягами, связывающими отдельные стойки.

Уложенные на путях вагонных сараев рельсы закрепляются между собой путем установки тяг, скрепляющих крайние рельсы двух близлежащих путей.

Такие тяги располагаются в междупутьях под настилом крайних рельсов. Тяги, прилегающие к внешним стенам смотрового сарая, крепятся к специально вкопанным в землю анкерам.

Такая система установки тяг, предохраняющих пути от расширения их, применяется на сплошных канавах.

Железобетонная рамная конструкция, примененная в сараях Дрезденского трамвая, состоит из отдельных железобетонных рам длиной 3600 *мм*, установленных с промежутками между ближайшими стойками соседних рам в 1400 *мм*. Шесть опорных стоек рамы имеют сечение 220 $\times$ 220 *мм* и связаны между собой в продольном и поперечном направлениях железобетонными балками. Рельсы укладываются на 30—40 *мм* выше уровня поверхности рам и этот промежуток заполняется бетоном с гравием в пропорции 1 : 2.

Над опорными стойками ставятся поперечные тяги. Между канавами устраивается сплошное бетонное покрытие, способствующее увеличению жесткости всей системы путевого строения.

Большие капиталовложения, необходимые для постройки парков закрытого типа, заставили перейти к постройке парков открытого типа. В парках открытого типа вагоны помещаются на открытых путях. Уборка и осмотр вагонов производятся в специальных сквозных смотровых помещениях. Планировка такого парка изображена на рис. 192. Планировка и устройство открытых парков коренным образом изменяют технологический процесс осмотра вагонов благодаря возможности введения в практику конвейерной или поточной системы осмотра и ремонта вагонов.

Смотровые помещения открытых парков разделяются внутри поперечными перегородками, образуя таким образом три отделения (рис. 193).

Рис. 192. Парки открытого типа.

В первом помещении длиной на один поезд производится уборка вагонов.

Во втором помещении длиной на два поезда имеется два рабочих места; на первом рабочем месте вагон подвергается оттаиванию и сушке и одновременно производится первая операция по осмотру токоприемников и крышевых приборов, приборов освещения, моторов, ходовых частей, контроллеров и кранов машиниста. На втором рабочем месте производятся осмотр тормозной системы и смена колодок, осмотр кузова и тележки. На междупутьи среднего отделения устанавливается специальная вышка высотой до крыши вагона, облегчающая маневрирование рабочего, обслуживающего приборы, расположенные на крыше вагона.

В третьем помещении длиной на один поезд производится уборка и смазка вагонов.

Наличие входного и выходного тамбуров обеспечивает сохранение тепла в среднем рабочем отделении и устраняет сквозняки. Отопление рабочего помещения желательно делать паровым при помощи радиаторов, так как воздушное отопление на практике не оправдало себя.

Обмывание вагона снаружи с обеих сторон производится специальной моечной машиной с вращающимися вертикальными щеточными барабанами, которые счищают грязь со стен в то время, как они обрызгиваются сильными струями воды. Тележка вагона промывается из брандспойта струей воды.

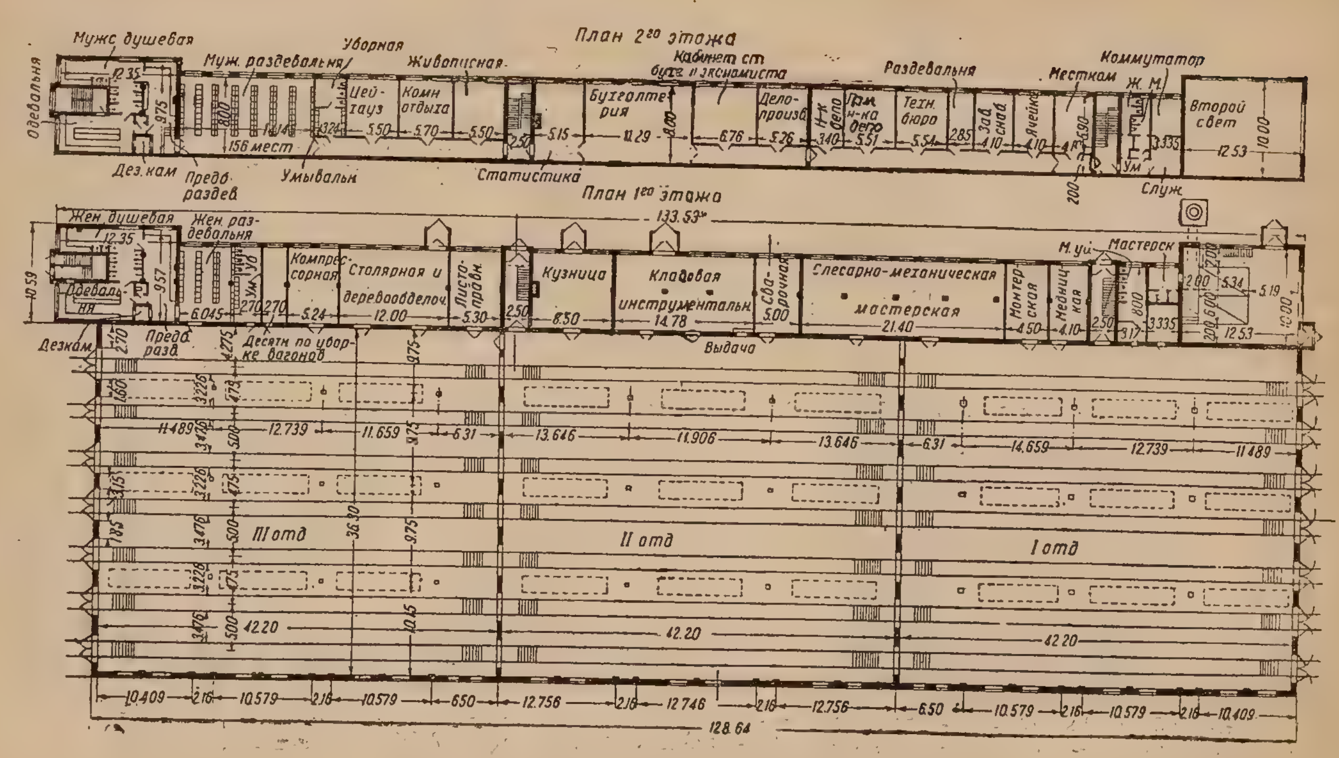


Рис. 193. Смотровое помещение открытого парка.

Моечная машина в городах с теплым климатом располагается во дворе, в городах же с суровым климатом ее устанавливают в утепленном тамбуре.

Наличие тамбуров в смотровом помещении увеличивает число ворот, отрицательно влияющих на удобство и скорость пропуска вагонов, что побудило строить смотровые помещения без указанных тамбуров. В этом случае непосредственно у ворот устраивается тепловая завеса от мощной струи теплого воздуха.

Продолжительность цикла работ при поточном осмотре колеблется от 15 до 20 минут. По практическим данным один конвейерный путь за 6 рабочих часов пропускает до 24 поездов.

Все вагоны, прошедшие через смотровое помещение, распределяются на открытых путях парка.

Размеры смотрового помещения и число путей проектируются в зависимости от длины поезда и количества приписанных к парку вагонов. Устройство открытых парков с применением поточной системы осмотра основывается на принципе передвижения вагонов. При этом все вспомогательные мастерские располагаются вдоль смотрового помещения таким образом, чтобы они были вблизи того рабочего места, которое они обслуживают. Такая система осмотра вагонов позволяет снизить расходы по содержанию вагонов в исправном состоянии.

К недостаткам открытого парка можно отнести следующие:

а) увеличение междупутья требует больших площадей и вызывает увеличение затрат;

б) затруднения и затраты для очистки парковой территории от снега.

Кроме рассмотренных типов парков находят еще распространение парки комбинированного типа. Этот тип парка появился в результате расширения парков закрытых типов путем постройки открытых путей для отстоя вагонов. Осмотр и ремонт вагонов производится в вагонных сараях. После осмотра часть вагонов выгоняется на открытые пути, где они остаются до выпуска на линию.

3. Электрическое освещение парков

Рациональное освещение вагонных сараев и территории парка имеет решающее значение для производительной работы и в большой степени влияет на число несчастных случаев.

Освещенность парка устанавливается для отдельных рабочих мест различная. При этом должны быть учтены следующие факторы:

1) размер и характер помещения;
2) отражательная способность стен, потолка, вагонов и пр.;
3) тип арматуры и высота подвески ее;
4) расположение источников света;
5) защита зрения от блесткости.

Осветительные устройства вагонных сараев располагаются у потолка — для верхнего света и в канавах — для нижнего света.

Верхний свет преследует цель осветить части вагона снаружи, как-то: буксы, боковые поверхности и крышу вагона. Освещенность от верхнего света для указанных точек принимается в пределах 15÷20 люкс. Лампы располагаются над проходами. Расстояние между лампами в проходах, не имеющих колонн, принимается 10—12 *м*, в проходах с колоннами расстояние берется 6—9 *м*. Высота подвески ламп — 5 *м* от пола. Арматура для верхнего освещения применяется фонарного типа лампой в 300 ватт.

Нижний свет монтируется в канавах для освещения частей, расположенных под вагоном. Освещенность в проходах на полу канавы принимается 15÷20 люкс. Лампы подвешиваются на расстоянии 4—6 *м* друг от друга в герметической арматуре с эмалированными абажурами и стеклянным колпаком.

Для освещения отдельных деталей вагона применяются переносные лампы, для которых на стенах и колоннах устанавливаются штепселя. Освещение переносными лампами в целях безопасности пользования ими должно устраиваться на напряжение в 12 вольт, которое берется от специального понизительного трансформатора. Лампы заключаются в металлическую сетку.

Освещение двора парка производится лампами, заключенными в обычную наружную арматуру. Высота подвески принимается в 6 *м*, расстояние между лампами 20—25 *м*. Средняя освещенность устанавливается 4—5 люкс на земле в горизонтальной плоскости.

4. Виды работ и система осмотра в парках

Условия работы подвижного состава на линии требуют организации в парках работ, обеспечивающих нормальную эксплоатацию и сохранность вагонов.

По установившейся практике объем работ в парках ограничивается осмотрами и мелкими ремонтами вагонов, в соответствии с чем существует следующее определение видов осмотра ремонта, утвержденных НККХ РСФСР:

1) малый периодический ремонт,
2) трехмесячный периодический осмотр,
3) текущий (случайный) ремонт,
4) профилактический (9—12-дневный) ремонт,
5) профилактический 3-дневный осмотр.

Характеристика малого периодического ремонта

Малый периодический ремонт производится после пробега вагона в 44 000—55 000 *км*, что соответствует 7—9 месяцам работы вагона на линии.

При малом периодическом ремонте производятся следующие работы: мелкий ремонт кузова, выправка лобовых щитков; замена или ремонт подножек, полового мата; ремонт тележек и тормозной системы; смена или ремонт колесных пар; ревизия букс и подшипников; добавление или замена смазки в роликовых подшипниках; ревизия и ремонт упряжных приборов и запасного сцепления; под-

краска и лакировка кузова; ревизия и ремонт всего пневматического оборудования — мотор-компрессоров, осевых компрессоров, кранов машиниста, клапанов и прочих приборов; ревизия тяговых двигателей с разборкой последних. Ревизия и ремонт всего электрического оборудования — контроллеров, токоприемников и прочих аппаратов; ревизия и ремонт силовой и осветительной проводки. Малому периодическому ремонту подвергаются как моторные, так и прицепные вагоны.

Ориентировочные сроки пребывания вагонов в малом периодическом ремонте следующие: в вагонном цехе — 3 дня, в малярном цехе — 1 день, общий простой в ремонте — 4 дня.

Характеристика трехмесячного осмотра и текущего ремонта

Под трехмесячным осмотром подразумевается профилактический осмотр основных агрегатов и частей вагонов, поддерживающий их в состоянии, годном для дальнейшей эксплоатации до ближайшего малого периодического ремонта.

Трехмесячный осмотр вагонов производится каждые 3 месяца, что примерно соответствует пробегу в 18 000—20 000 *км*. При трехмесячном осмотре производятся следующие работы: если не требуется смены колесных пар, то кузов не поднимается. Ремонтируется обшивка кузова, выправляются вмятины в ней без съемки обшивки с вагона. Осматривается и частично заменяется внутренняя отделка кузова. Ревизия осевых компрессоров и разъемных тяговых двигателей.

Производится осмотр электрического оборудования без разборки контроллеров, автоматических выключателей, пусковых сопротивлений и проч., осматриваются приборы пневматического оборудования, тормозной системы, упряжные приборы и другие.

Производится малярная промывка кузова. В трехмесячном осмотре вагон находится приблизительно 17—18 часов. Под текущим (случайным) ремонтом подразумевается ремонт, носящий случайный характер, как например — ремонт вагонов, возвратившихся с линии с неисправностями отдельных агрегатов или частей. К текущему ремонту следует отнести необходимый ремонт или смену колесных пар.

Характеристика профилактического (9—12-дневного) осмотра

Профилактический осмотр производится через 9—12 дней (чаще 10 дней) работы вагона на линии, что примерно соответствует пробегу в 2000—2500 *км*.

Этот осмотр должен производиться в часы междупиковых нагрузок на линии так, чтобы снятие вагонов с линии не отражалось на нормальной перевозке пассажиров.

При этом осмотре производятся следующие работы:

1. Моторы: производится осмотр коллекторов; очищаются и регулируются щеткодержатели; покрываются лаком изоляционные коробки и втулки; проверяются и крепятся контакты; проверяется крепление полюсов; проверяется крепление вентилятора; крепятся ослабшие гайки моторно-осевых подшипников и шестеренных кожухов; крепятся крышки масленок; осматриваются шестерни с обя-

зательным снятием кожуха; проверяются и закрепляются упорные муфты, опробываются якорные и моторно-осевые подшипники.

2. Контроллеры: удаляется копоть и грязь; расчищаются обуглившиеся места на валу; осматривается пайка проводов; запиливаются или сменяются сухари; проверяется распределительный механизм; осматриваются подшипники главного барабана; осматривается заземление; проверяется крепление крышки, покрываются лаком необходимые части; осматриваются и очищаются искрогасительные перегородки.

3. Прочее электрическое оборудование: проверяется наличие предохранителей освещения; опробывается действие выключателей и переключателей; осматривается вся осветительная арматура; осматриваются автоматы и рубильники; осматривается предохранительная силовая коробка, проверяются индукционная катушка и громоотвод; осматривается, смазывается и регулируется токоприемник; осматриваются реостаты.

4. Воздушное оборудование: осматриваются все соединения трубопровода; производится спуск воды из резервуаров; проверяются предохранительный клапан и регулятор давления, разбираются и осматриваются краны машиниста; разбирается осевой компрессор и проверяется насадка эксцентрика; проверяется износ бугельных и кожуховых колец; вскрывается и проверяется клапанная коробка; тормозной цилиндр проверяется на утечку воздуха; смазываются сеточные цилиндры, промывается вибратор звонка.

5. Тормозы: сменяются тормозные колодки; проверяется крепление башмаков; регулируется тормозная система; осматриваются валики, болты и гайки; осматриваются тормозные тяги; сменяются негодные пружины, очищаются все трущиеся части от грязи.

6. Кузов и тележка: осматривается целость балок, прочность заклепок и болтов; выправляются погнутые кронштейны, сменяются в случае нужды рессоры и пружины, проверяется посадка кузова на тележке, осматриваются буксы и буксовые подшипники, исправляются подножки, проверяются буфера.

7. Столярная работа: проверяется крепление поручней и действие дверей; осматриваются ручки и державки; заменяются изношенные половые планки; осматриваются оконные рамы; ремонтируются половые люки; закрепляются диваны, заменяются разбитые стекла.

По окончании ремонта производится полная смазка всех трущихся деталей.

При регулярно производимом осмотре простой поезда, состоящего из одного моторного и одного прицепного вагона, на планово-предупредительном ремонте определяется в 3—4 рабочих часа.

Характеристика профилактического 3-дневного осмотра

До 1936 г. профилактический 3-дневный осмотр не применялся. До него существовал ежесуточный ночной осмотр.

В связи со стахановским движением вопрос об ежесуточном осмотре был пересмотрен, так как при наличии 9—12-дневного профи-

лактического осмотра не обязательно ежесуточно вскрывать и осматривать все аппараты и приборы оборудования вагонов.

Ежесуточно должны выполняться на вагоне следующие работы: осмотр тормозной системы и смена изношенных колодок, осмотр упряжных приборов, и должно быть все выполнено по заявкам вожатых. Кроме того, ежесуточно (ночью) должна быть произведена уборка вагонов и засыпка в песочницы песка. Остальные работы, как-то: осмотр тяговых двигателей, аппаратов электрического оборудования, осмотр компрессоров и приборов пневматического оборудования — производятся через 3 дня.

Продолжительность трехдневного осмотра длится 1—2 часа.

Указанное в характеристиках ремонтов и осмотров время простоя вагонов предельным считать нельзя, так как вагоно-ремонтные мастерские, производящие ремонт подвижного состава, еще не в полной мере механизированы. Правильно организованный рабочий процесс позволит сократить время простоя вагонов в ремонте.

Подача вагонов на осмотр производится по специально составленному графику.

Весь штат рабочих парка разбивается на две смены и строго прикрепляется к определенным вагонам. Каждая бригада формируется по принципу специализации и деления на следующие группы рабочих:

1) мотористы, обслуживающие верхние части моторов и выполняющие регулировку щеткодержателей, очистку коллектора, проверку соединительных проводов, проверку вентиляторов, крепление крышек коллекторного люка, проверку состояния шестерен;

2) мотористы по нижней части моторов, выполняющие крепление вводной коробки, осмотр нижних проводов, очистку нижней внутренней части корпуса мотора, крепление моторно-осевых подшипников, траверсных болтов и пружин, упорных муфт, шестеренных кожухов;

3) контроллеристы, производящие осмотр, очистку, регулировку и смазку контроллеров;

4) электрики, производящие осмотр и регулировку токоприемника, автомата, рубильника, реостатов, громоотвода, силовых предохранителей и проверяющие освещение вагонов;

5) тормозники, обслуживающие всю тормозную систему и сменяющие колодки;

6) кузовщики, производящие регулировку и смену рессор, проверку и крепление подножек, проверку буфера, подвагонной и межвагонной сеток ограждений;

7) воздушники, обслуживающие компрессоры, тормозные и сеточные цилиндры, воздухопровод, регуляторы давления, предохранительные клапаны, звонки, краны машиниста, манометры, рукава и краны;

8) столяры, производящие осмотр и ремонт частей кузова, поручней, головных звонков, сигнальных ремней и замену разбитых стекол;

9) смазчики, производящие смазку буксовых и моторно-осевых подшипников, компрессоров, зубчатой передачи и всех трущихся частей;

10) уборщицы, в обязанности которых входит: протирка потолков, внутренней и наружной обшивки вагона, диванов, дверных рам, абажуров и лампочек, стекол и выметание вагонов.

Количество рабочих, необходимое для производства осмотра и ремонта двухосных вагонов, можно определить по нижеприводимой табл. 15, выведенной на основании проведенного наблюдения.

Таблица 15

Наименование	Затрата времени в чел/мин. на один вагон по видам оборудования								Смазка	Всего
	Мотор наверху	Мотор снизу	Контроллеры	Электроаппаратура	Тормозы	Кузов и тележка	Воздушный тормоз	Столярные работы		
Моторный . .	10	15	30	15	40	30	20	10	10	180
Прицепной . .	—	—	—	5	10	10	5	5	5	40
Итого на поезд	10	15	30	20	50	40	25	15	15	220

Ввиду того, что работа по различным операциям производится одновременно, и считая, что бригада, обслуживающая один поезд, состоит из 8 человек, получаем время простоя поезда в осмотре, составляющее $t = 220:8 = \sim 27{,}5$ минуты.

Это время соответствует практическим данным.

Таким образом в течение одной смены продолжительностью в 7 часов через одно рабочее место вагонного сарая пропускается осмотром до 15 поездов. Зная количество выпускаемых в эксплоатацию вагонов, можно определить число рабочих мест и потребный штат рабочих для планового осмотра вагонов.

Уборка вагонов, производимая одновременно с осмотром, по практическим данным требует затраты времени 130,0 чел.-мин. на 1 поезд из двух вагонов.

В ночной смене оставляются дежурные по приему вагонов и устранению мелких дефектов по заявкам вагоновожатых из расчета 1 чел. на 7 приписанных поездов.

Рассмотренные виды ремонта являются теми необходимыми профилактическими мероприятиями, которые, как показала практика в СССР и за границей, вполне обеспечивают правильную и нормальную эксплоатацию подвижного состава трамваев.

Рассмотренные виды ремонтов относятся к системе организованной профилактики, имеющей неоспоримые преимущества и, благо-

даря этому, получающей повсеместное распространение на всех видах механизированного транспорта.

Основные моменты, которыми характеризуется система организованной профилактики, следующие:

1) сроки плановых ремонтов соответствуют тем пробегам, которые вызывают износ тех или других частей вагонов и следовательно требуют замены их для дальнейшей безопасности эксплоатации;

2) каждый вид ремонта имеет строго определенную номенклатуру работ;

3) вагоны подаются в мастерские по заранее разработанному графику, что определяет планомерную загрузку мастерских и не вызывает срывов в организации движения на линии;

4) планомерная подача вагонов в мастерские, а также определенная номенклатура сменяемых деталей позволяет производить планомерную заготовку последних заранее;

5) в целях профилактики подлежат замене все части вагона, предусмотренные номенклатурой данного вида ремонта; неуспевшие износиться к указанному сроку части вагона используются при случайных ремонтах;

6) замена изношенных деталей (или в некоторых случаях близких к износу) позволяет выпускать вагоны из данного вида ремонта с одинаковыми техническими качествами (одинаковые размеры одноименных деталей).

Перечисленные моменты профилактических ремонтов имеют то колоссальное достоинство, что значительно уменьшают число случайных ремонтов, аварий с подвижным составом и срывов движения вагонов на линии и делает систему технически целесообразной и экономически выгодной.

Несмотря на перечисленные достоинства система организованной профилактики имеет и некоторые недостатки, как-то:

1) вследствие одинакового принудительного объема работ на всех вагонах имеет место некоторый перерасход рабочей силы и материалов;

2) относительно частое изъятие вагонов из эксплоатации для ремонтов несколько понижает использование вагонного парка.

Несмотря на наличие указанных недостатков, система профилактических ремонтов в условиях эксплоатации трамвая является целесообразной.

5. Техническое оборудование

Изготовление и ремонт отдельных частей вагонов вызывают необходимость устройства при парке подсобных цехов с соответствующим оборудованием.

Определение количества станков обычно производится на основании норм времени на изготовление отдельных деталей, потребных при производстве работ. Но так как количество этих деталей зависит от типа и срока службы вагонов, то нижеприводимые нормы табл. 16 мы примем как средние для работ, производимых на двухосном вагоне, причем эти нормы нельзя считать предельными.

Таблица 16

Наименование оборудования	Затрата времени в часах на 1 поезд: Осмотр вагонов			Планово-предупр. ремонт			Примечание
	мот.	приц.	итого	мот.	приц.	итого	
Слесарное отд.	0,25	0,10	0,35	11,0	3,0	14,0	Работа у тисков
Токарный станок . . .	0,10	0,02	0,12	6,0	1,5	7,5	
Сверлильный станок .	0,05	0,01	0,06	1,5	0,5	2,0	
Строгальный станок .	0,05	0,01	0,06	2,0	0,5	2,5	
Рейсмусовый станок .	0,01	0,01	0,02	0,5	0,2	0,7	
Циркульная пила . . .	0,02	0,01	0,03	0,5	0,3	0,8	
Ножевочный станок . .	0,03	0,01	0,04	0,8	0,2	1,0	
Кузнечный горн	0,08	0,02	0,10	4,5	1,5	6,0	
Электросварка	0,05	0,02	0,07	3,0	1,0	4,0	

Пользуясь данными табл. 16, определим количество потребного оборудования (табл. 17) применительно к парку средней емкости, имеющему в эксплоатации 100 моторных и 70 прицепных двухосных вагонов.

При подсчете количества оборудования следует иметь в виду, что работа по осмотру вагонов производится в течение двух смен.

6. Инструментальное хозяйство

Для производства всех операций по ремонту и осмотру вагонов в парке должна быть организована инструментальная кладовая с необходимым запасом инструмента. Особенность производимых работ требует наличия специфических инструментов обычно несложной конструкции, изготовить которые вполне возможно средствами парка.

7. Служебные помещения

Кроме вагонных сараев и мастерских, на территории парка должно находиться административное здание, в котором размещаются следующие служебные и культурно-бытовые помещения: 1) контора, 2) кондукторский зал с кассами, 3) билетный склад, 4) гардеробные, 5) комната отдыха, 6) душевые, 7) столовая и кухня, 8) культурный уголок, 9) уборные.

Для сушки песка, потребного для вагонов, некоторые парки имеют специальные сушильные установки.

Запасы смазочных материалов хранятся в специальных помещениях, снабженных противопожарными устройствами.

Таблица 17

Наименование оборудования	Полная затрата времени в часах						Всего станко-часов	Количество потребн. станков	Характеристика станков
	Осмотр			План.-пред. ремонт					
	мот.	приц.	итого	мот.	приц.	итого			
Слесарное отделение . . .	12,5	3,5	16,0	22	4,5	26,5	42,5	6 тисок	Слесарный верстак
Токарные станки	5,0	0,7	5,7	12	2,3	14,3	20,0	3	Высота центра 200—250
Сверлильные станки . . .	2,5	0,35	2,85	3	0,75	3,75	6,6	1	Макс. диам. сверл.—25 *мм*
Строгальные станки . . .	2,5	0,35	2,85	4	0,75	4,75	7,6	1	Наиб. ход. — 500 *мм*
Рейсмусовые станки . . .	0,5	0,35	0,85	1	0,3	1,3	2,15	1	Ширина стр.— 500 *мм*
Циркульные пилы	1,0	0,35	1,35	1	0,45	1,45	2,8	1	
Ножевочные станки	1,5	0,35	1,85	1,6	0,3	1,9	3,75	1	
Кузнечные горны	2,0	0,7	2,7	9	2,3	11,3	14,0	2	
Электросварочные аппараты	2,5	0,7	3,2	6	1,5	7,5	10,75	2	Тип СТ-2

ГЛАВА VI

ВАГОНО-РЕМОНТНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

1. Категории ремонтов и сроки поступления вагонов в ремонт

Вагоно-ремонтные мастерские предназначаются для производства плановых ремонтов моторных и прицепных вагонов. Еще до сих пор как в СССР, так и за границей не установлены единые для всех трамвайных предприятий категории ремонтов. Это объясняется тем, что отдельные трамвайные хозяйства имеют различные вагоны по конструкции, по качеству постройки и материалов, а также различные условия эксплоатации. Кроме того, на установление категорий ремонта иногда оказывают влияние и чисто хозяйственные соображения.

Парижское общество коммунального транспорта до 1929 г. подвергало вагоны трамвая крупному ремонту в мастерских через 75 000 *км* пробега и смене колесных пар после 25 000 и 50 000 *км* пробега. При этом ремонт производился обычным стойловым методом, при котором вагон находится в неподвижном состоянии во все время производства ремонта на одном месте (стойле).

Берлинское транспортное акционерное общество с 1926 г. начало применять при ремонте метод непрерывного потока и вело

(по потребности) периодический ремонт, производимый через 100 000 *км* пробега, что соответствовало 1,5—2 годам для моторных и 2—2,5 годам для прицепных вагонов. В 1930 г. то же общество признало необходимым производить капитальный ремонт моторного вагона через год и прицепного вагона через полтора года.

Гамбургский трамвай производит плановый периодический ремонт моторных вагонов через 2 года и прицепных вагонов через 2,5 года, что соответствует 90—100 тыс. *км* пробега.

У нас, в СССР, исходя из эксплоатационных условий, в большинстве средних и крупных трамвайных хозяйств до сих пор применялись периодический, капитально-восстановительный и аварийный ремонты. Кроме того, производилась промежуточная проточка или наварка бандажей между двумя периодическими ремонтами.

Последний вид ремонта проводится или в ремонтных мастерских (в средних и мелких трамвайных хозяйствах) или в парках (в крупных трамвайных хозяйствах).

В СССР приняты следующие виды ремонтов [1], производимых вагоно-ремонтными мастерскими:

1) большой периодический ремонт,
2) средний периодический ремонт,
3) аварийный ремонт.

Характеристика большого периодического ремонта

Большой периодический ремонт производится после пробега вагона в 220 тыс. *км*, что соответствует 36 месяцам работы на линии.

При большом периодическом ремонте производятся следующие работы:

а) На кузове — частичная замена кузовных и площадочных стоек, ремонт крыш, потолков, полов, дверей, окон, мебели, замена и ремонт обшивки. Ремонт пневматического и тормозного оборудования. Полная окраска кузова с удалением старой окраски. Частичная замена обшивки кузова и площадок.

б) На тележках — разборка и ремонт тележки. Проверка и правка рамы тележек, смена поврежденных балок. Смена колесных пар и полный ремонт тормозов на тележке.

в) В электрическом оборудовании — полный ремонт с разборкой: тяговых двигателей, контроллеров, автоматических выключателей, предохранителей, пусковых сопротивлений и пр. Ремонт или замена силовой и осветительной проводки.

г) В пневматическом оборудовании — полный ремонт всего пневматического оборудования: мотор-компрессоров, осевых компрессоров, кранов машиниста, регуляторов давления, предохранителей и проч.

Ревизия пневматических резервуаров и испытание их гидравлическим давлением.

---

[1] Указанная номенклатура ремонтов и осмотров вагонов принята трамвайной конференцией в Ленинграде 28 марта 1936 г. и утверждена народным комиссаром Коммунального хозяйства.

14*

Ремонт и испытание воздухопроводов.

Большому периодическому ремонту подвергаются моторные и прицепные вагоны.

Ориентировочные сроки пребывания вагонов в большом периодическом ремонте следующие: в вагонном цехе 9—13 дней, в малярном цехе 6 дней, общий простой в ремонте 15—19 дней.

При применении для окраски вагонов быстросохнущих красок или специальных сушильных камер простой в малярном цехе может значительно сократиться. Простой в малярном цехе в 6 дней указан с учетом, что все подготовительные работы (очистка, шпаклевка и т. п.) производятся в кузовном цехе одновременно с ремонтом кузова.

Характеристика среднего периодического ремонта

Средний периодический ремонт производится после пробега вагона в 110 тыс. *км*, что соответствует 18 месяцам работы вагона на линии.

При среднем периодическом ремонте производятся следующие работы:

а) На кузове — ремонт с выправкой обшивки кузова и лобовых щитков. Мелкий ремонт дверей, окон, мебели, раскладки и проч.

Ремонт подножек, поручней, кронштейнов, ограждения стекол и прочие мелкие работы на кузове.

Крыши и потолки ремонтируются по потребности.

Ремонт тормозной системы и всего механического и пневматического оборудования на кузове.

Производится полная окраска кузова без удаления старого слоя окраски.

б) На тележках разборка и полный ремонт тележек. Проверка и правка рам тележек. Ремонт и смена колесных пар. Полный ремонт тормоза на тележках.

в) Электрическое оборудование — ревизия и ремонт электрического оборудования с разборкой: тяговых двигателей, контроллеров, автоматических выключателей, пусковых сопротивлений и других аппаратов и приборов электрического оборудования.

Ревизия и ремонт силовой и осветительной проводок.

г) Пневматическое оборудование — ревизия и ремонт с разборкой всего пневматического оборудования: мотор-компрессоров, осевых компрессоров, кранов машиниста, предохранительных редукционных и других клапанов, регуляторов давления и проч.

Ревизия и ремонт воздухопроводов.

Среднему периодическому ремонту подвергаются как моторные, так и прицепные вагоны.

Ориентировочные сроки пребывания вагонов в среднем периодическом ремонте следующие: в вагонном цехе 6 дней, в малярном цехе 6 дней, общий простой в ремонте 12 дней.

2. Организация вагоно-ремонтных мастерских и методы работы. Емкость работы

При проектировании вагоно-ремонтных мастерских, расположении цехов, определении их емкости и оборудования необходимо, в первую очередь, установить рациональный метод ремонта. Метод ремонта вагонов является основой, на которой строится технологический процесс, служащий для выбора оборудования и площадей цехов-мастерских, а также для определения количества рабочей силы.

В настоящее время применяется два метода ремонта — индивидуальный стационарный (стойловой) ремонт вагонов и ремонт вагонов методом непрерывного потока. Метод индивидуального ремонта

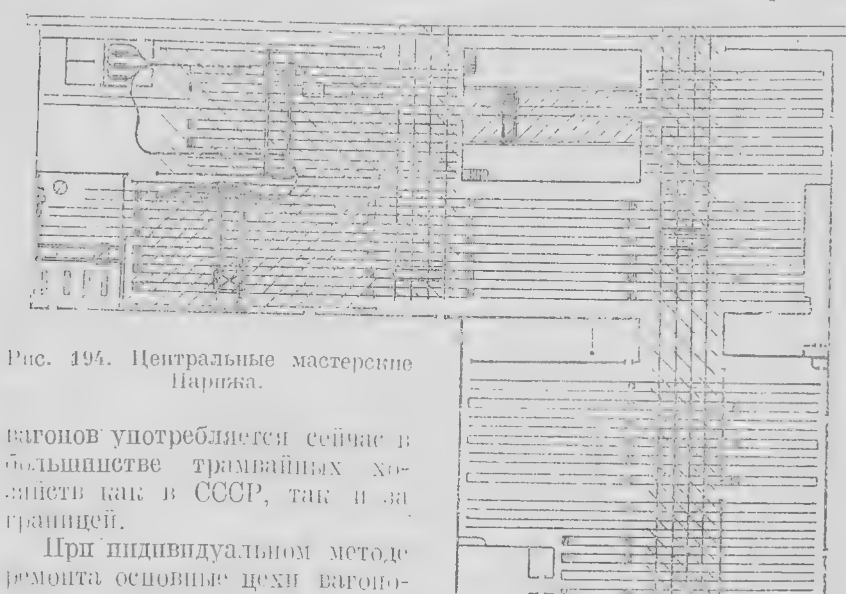


Рис. 194. Центральные мастерские Парижа.

вагонов употребляется сейчас в большинстве трамвайных хозяйств как в СССР, так и за границей.

При индивидуальном методе ремонта основные цехи вагоно-ремонтных мастерских — кузовное и тележечное отделения — обычно представляют собой ряд коротких стойл для отдельных вагонов, на которых проводится весь процесс ремонта вагона. При этом методе работы во все время ремонта вагон остается неподвижным.

Этот метод ремонта распространен при небольшом количестве инвентаря (до 150 моторных вагонов) и при разнотипности вагонов. Однако, этот метод ремонта с успехом применяется и на крупных трамвайных предприятиях с инвентарным количеством вагонов более 2000.

На рис. 194 приведен план отделения ремонта вагонов центральных мастерских Парижского общества коммунального транспорта, занимающих площадь до 84 тыс. $м^2$ и работающих обычным методом индивидуального ремонта.

Мастерские имеют три основных отдела:

1) постройки новых и ремонта старых трамвайных вагонов;

2) постройки и ремонта автобусов;

3) изготовление деталей вагонов и автобусов.

В первой половине мастерских, представляющих собой один зал, помещаются по обе стороны транспортной платформы для передачи вагонов с пути на путь T_1 ряд путей с канавами для ремонта кузовов A, B, C, D, F, малярное отделение G, отгороженное от общего зала железными завесами, и электрический цех для ремонта электрооборудования. При помощи транспортной платформы вагоны могут подаваться через боковые ворота P_1. Во второй половине зала помещается тележечное отделение I_1 и I_2. Между последним и кузовным отделениями также движется транспортная платформа T_2, могущая подавать вагоны на ремонт и через третьи ворота. Здесь же помещается и полускатное отделение для изготовления и переточки осей, бандажей и колесных центров. Тележечное отделение обслуживается двумя мостовыми кранами PR_1, PR_2. Процесс ремонта вагонов следующий: введенный через ворота (летом через боковые, а зимой через торцевые, ведущие в тамбур E) вагон при помощи транспортной платформы передается на пути, над которыми имеется мостовой кран PR_3. Кузов поднимается краном и ставится на особые легкие тележки, на которых вручную перекатывается в кузовное отделение для ремонта. Тележка краном устанавливается на один из путей тележечного отделения, где она разбирается и части ее передаются для ремонта в соответствующий цех: колесные пары в колесную, электрооборудование в электрическую и т. д.

Все части тележки, подверженные износу, обязательно демонтируются и направляются в отделение для очистки, где они вывариваются. Передача частей происходит при помощи подвесного однорельсового пути.

После очистки вываркой детали сортируются и годные употребляются в дело. Детали, требующие ремонта, ремонтируются в специальном отделении ремонта и изготовления деталей.

Причины неправильного или несвоевременного износа детали тщательно исследуются в особой лаборатории.

Кузовы одновременно с ремонтом окрашиваются в кузовной и только на лакировку поступают в малярное отделение. Монтаж вагона производится на том же месте, где и разборка его, куда под мостовой кран подаются отремонтированные тележки и кузов.

Мастерские выпускают в месяц 100—110 вагонов из большого ремонта.

В отделение ремонта и изготовления детали перевозятся автокарами грузоподъемностью 1200 и 2000 *кг*. Это отделение имеет цехи: механический, кузнечный, литейный, котельный и столярный. Цехи также оборудованы кранами для разгрузки и нагрузки деталей на автокары. Здесь имеется сеть подвесных путей. Все станки обслуживаются в цехах мостовыми кранами или пневматическими подъемниками. Внутри цехов передвижение материалов и изделий производится движущимися между станками авто-

карами с небольшой подъемной платформой. Изделия со станков складываются на особые деревянные помосты, и автокара, подойдя под помост, поднимает свою подъемную часть и перевозит изделия вместе с деревянным помостом. Применение этого способа транспортировки дало огромный экономический эффект и упорядочило всю работу, сильно подняв производительность труда в мастерских.

Основным достоинством схемы рис. 194 является свободное расположение мастерских, отсутствие стесненности, скученности, влияющих на производительность труда.

Вместе с тем чрезмерное увеличение рабочих площадей влечет за собой увеличение объема, а следовательно и удорожание строительства.

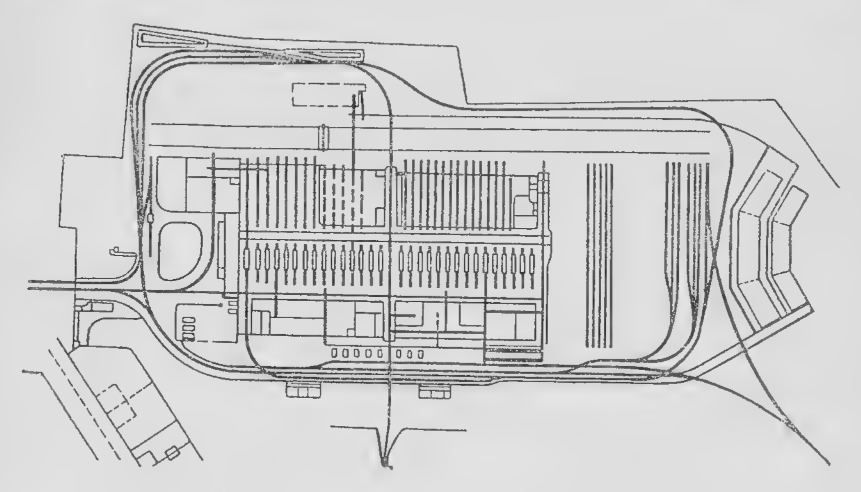


Рис. 195. Кельнские мастерские.

Наличие двух транспортных тележек также способствовало увеличению малопроизводительности площади мастерских и увеличению стоимости их.

В отношении технологического процесса следует сказать, что рассматриваемая схема представляет тот недостаток, что вагону и его частям приходится проделывать весьма длинные пути при транспортировке с места демонтажа на рабочее место и обратно. Нередко, как можно проследить по схеме, вагону приходится делать петлевые движения по цеху. Построенная таким образом технология процесса ремонта вагонов удлиняет последний и, следовательно, удорожает его.

Более совершенным типом вагоно-ремонтных мастерских, производящих ремонт стационарным индивидуальным методом, являются недавно построенные главные вагоно-ремонтные мастерские в гор. Кельне (рис. 195). Общее расположение мастерских достаточно компактно и удобно. Здесь все вспомогательные цехи располагаются вокруг вагоно-сборочных цехов.

Вагоны для ремонта подаются непосредственно на канаву (стойло) дворовой транспортной тележкой. Здесь производится подъем кузова и выкатка тележек. Кузов ставится на неподвижные тумбы и ремонтируется, а тележка вагона помощью внутренней транспортной тележки переставляется на место ремонта в тележечное отделение. Под отремонтированный вагон подкатывается тележка, вагон на нее опускается и помощью внутренней или дворовой тележки подается на один из путей малярной, где подвергается окончательной отделке и окраске. Совершенно готовый вагон непосредственно с любого пути малярной дворовой транспортной тележкой может быть переставлен на обкаточный пункт для испытания.

Технологический процесс, как очевидно из сказанного, прост и удобен. Вагон и его части направляются прямолинейно без возвратных движений.

Благодаря своей компактности мастерские почти на то же количество вагонов, что и рассмотренные прежде парижские, около 1200 вагонов в год, занимают застроенную площадь, не превышающую 28 000 $м^2$.

Следует отметить, что в мастерских Кельнского трамвая все вспомогательные помещения (раздевальные, души, склады и пр.) помещаются в специально выполненном подвале. Подвал находится под всеми мастерскими за исключением мест, занятых канавами.

Основным недостатком рассматриваемых мастерских является наличие большого количества ворот для ввода или вывода вагонов из помещения, что представляет известные неудобства зимой. Однако, вследствие небольшого количества перестановок вагонов в течение дня (несколько раз в день 3—4 вагона), связанные с перестановкой неудобства могут быть в расчет не приняты. Особенно это важно для южных местностей. Для северных же местностей можно прибегать к устройству, препятствующему проникновению холодного воздуха внутрь помещения путем устройства тепловой завесы во время открывания ворот, или же устройством особых тамбуров.

После империалистической войны на многих вагоно-строительных и вагоно-ремонтных железнодорожных заводах Америки, Европы, а также и СССР стал применяться так называемый метод непрерывного потока постройки и ремонта железнодорожных и трамвайных вагонов. Этот метод быстро зарекомендовал себя высокой производительностью труда и удешевлением ремонта почти до 40% [1]. При ремонте вагонов методом непрерывного потока значительно сократился простой вагонов в ремонте.

Впервые опыты работы непрерывным потоком при ремонте трамвайных вагонов были проведены в мастерских трамваев Берлина и Гамбурга в 1926 г. Метод непрерывного потока при ремонте вагонов был применен Берлинским трамваем в старых мастерских несколько расширенных постройкой новой малярной, деревообде-

[1] W. Pforr. Verkehrstechnik. 1930, № 5.

лочной и помещения для мытья и чистки вагонов. До реорганизации работ мастерские эти выпускали в год 400 вагонов большого ремонта. В 1927 г. после введения нового метода мастерские дали 1200 вагонов из ремонта без увеличения штата мастерских (800 с лишним человек). В 1930 г. мастерские, после небольших достроек, давали уже 2400 вагонов большого ремонта в год.

Производившийся ранее индивидуальный ремонт был заменен одним общим видом периодического ремонта, производившегося сначала через 1,5—2 года для моторного вагона, а затем через год. Моторные и прицепные вагоны были разделены на различные «ленты», причем аварийный ремонт, ремонт восстановительный с неопределенным и большим объемом работ были выделены и производились обычным стойловым методом на отдельных путях или в парках. Оказалось, что при достаточно частом (через год) плановом ремонте вагонов и тщательном осмотре вагонов в парках случайные ремонты (текущий, аварийный) сводятся к 20—25% от общего числа плановых ремонтов. Весь процесс ремонта вагона в мастерских Берлинского трамвая (по проекту) показан на схеме рис. 196 и 197. Поступающий в ремонт вагон подвергается мойке сильной струей воды в специальной камере. После этого вагон подается на разборочно-подъемное место, где кузов снимается с тележек, снимаются электрическая аппаратура, оконные рамы, диваны и прочие части, подлежащие ремонту. Все снятые части вагона помощью электрокар транспортируются в соответствующие мастерские, где и ремонтируются. Ремонт аппаратуры и вагонных частей также производится поточным методом.

Кузов, снятый краном с тележки, подается для ремонта на рабочее место на особых козлах на специальные пути.

На этих козлах кузов проходит все стадии ремонта на одной ленте. За каждым местом закреплено определенное количество рабочих, выполняющих строго определенные работы. Расстояние между осями путей (ленты) — 5 *м*, что позволяет обслуживать все операции по ремонту кузова аккумуляторными тележками (электрокарами), подвозящими и увозящими запасные части и материалы. Кузов находится на каждом рабочем месте ленты около 8 часов, после чего все вагоны передвигаются на одно место вперед.

В общем вагон (кузов) простаивает на ремонте в кузовной 5 дней, в то время как простой в ремонте кузова при других способах ремонта в немецких мастерских был 14 и более дней.

Работа по ремонту тележек также производится поточным способом. Тележки собираются на низких стеллажах. Место для тележек имеет подковообразный вид (2 пути) и обслуживается однорельсовой дорогой (тельфером). Сборка тележки рассчитана таким образом, что к моменту готовности кузова (через 5 дней) готова и тележка для подкатки под него.

Окраска вагонов производится также непрерывным потоком. Малярная имеет 3 пути по 12 вагонов на каждый путь. Каждые 2 вагона по длине составляют одно рабочее место (один этап окраски). Всего рабочих мест 5, и на 6-м, отделенном стеной и воротами, от

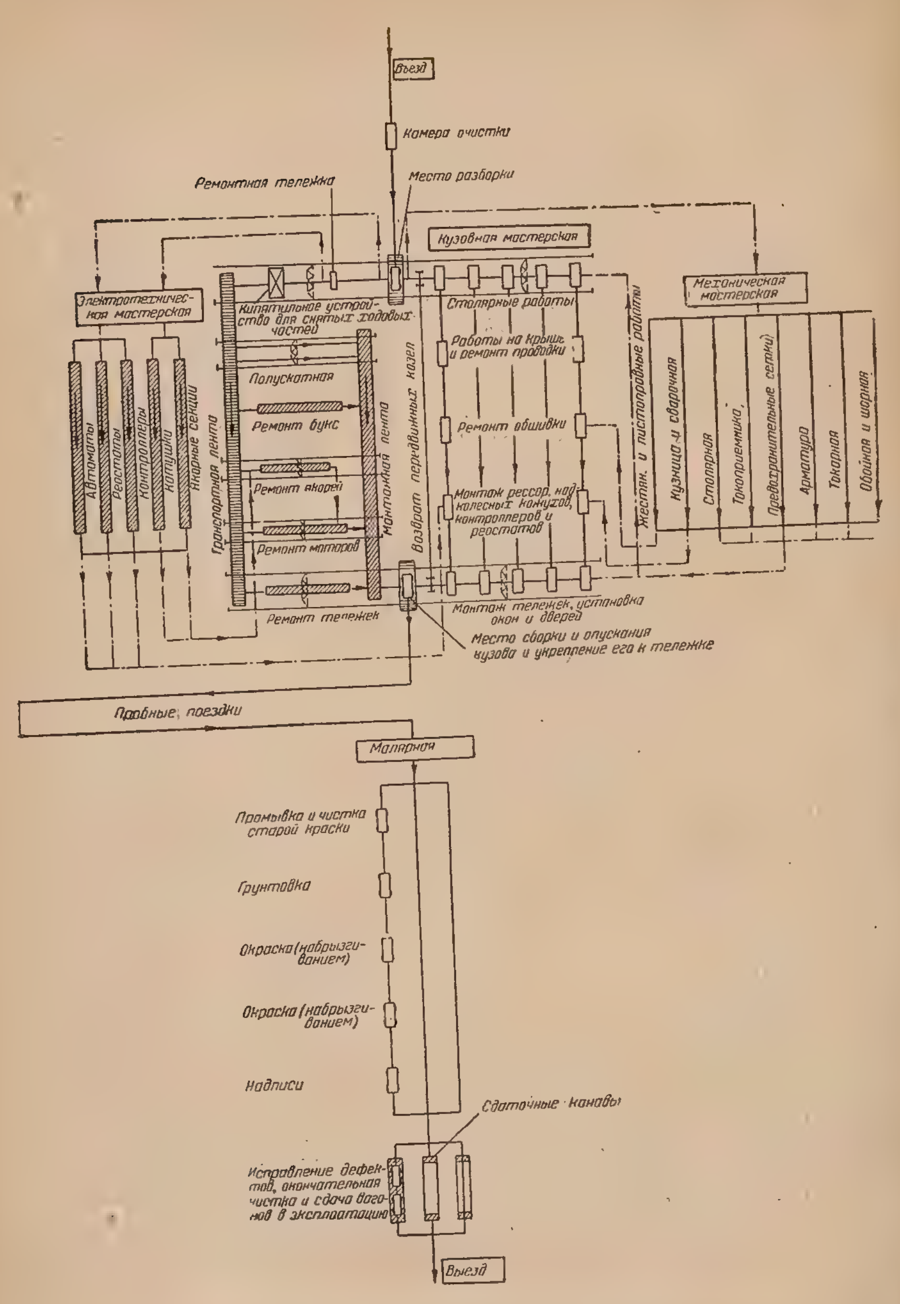


Рис. 196. Схема рабочих процессов.

малярной, происходит мойка и чистка стекол. В малярной вагоны перемещаются собственными моторами. При окраске применяются

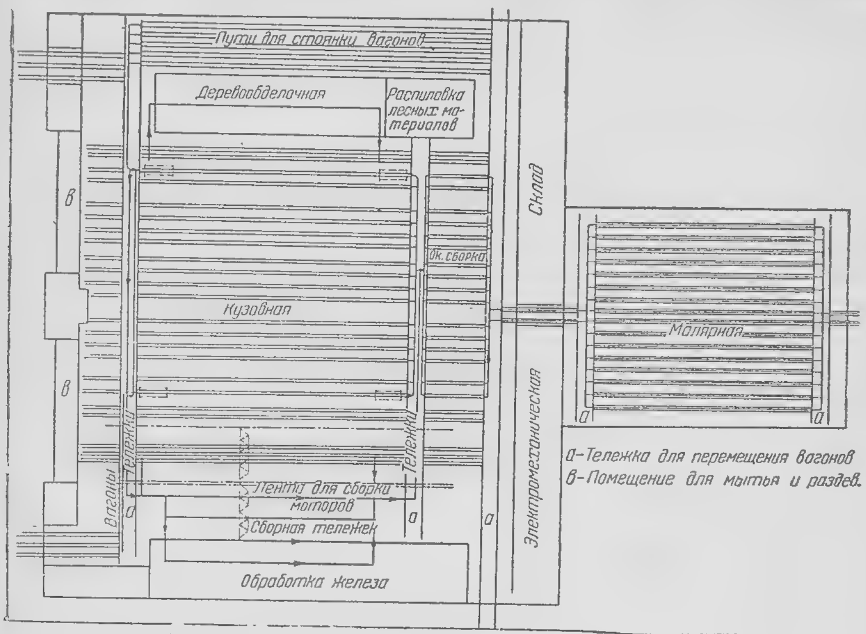


Рис. 197. Схема главных мастерских Берлина.

Рабочих	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Постановка катушек	Постановка катушек	Постановка катушек	Постановка катушек	Соединительный кабель	Соединительный кабель	Постановка якоря и подшипн.	Окончательная сборка	Постановка тормоза	Постановка тормоза	Электрическое испытание	

Рабочих: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Материал: Полюсные наконечники катушки, подкр болты; Соединительн. кабели; Якорн подшипник; Щеткодержат. вентилятор; Части для якорного тормоза

1 2 3 4 5 6 7 8

Рис. 198. Диаграмма сборки моторов.

воздушные кисти и быстросохнущие краски, что позволяет срок простоя вагона в малярной довести до 3 дней.

Ремонт моторов (сборка) ведется на конвейере (диаграмма сборки цельнокорпусных моторов, см. рис. 198), движущемся от электро-

мотора со скоростью 1,8 *м* в час. Конвейер имеет 13 мест, причем на последнем производится испытание мотора на холостом ходу. Конвейер обслуживается тельфером (для поворачивания моторов и пр.). Конвейер дает в день 12 моторов. На сборку мотора затрачивается 86 чел.-час.

Сборка контроллеров, ремонт автоматов, реостатов, букс, подшипников, колесных пар производится также на конвейерах.

Вторым примером работы по ремонту вагонов методом непрерывного потока может служить Гамбургский трамвай. Гамбургские мастерские (рис. 199) выпускают в год 800—900 вагонов из планового периодического ремонта.

Весь кузовной ремонт и окраска производятся в двух корпусах — кузовной и малярной, но при этом в малярной производится только лакировка, тогда как вся окраска делается в кузовной во время ремонта. Оба корпуса обслуживаются двумя транспортными платформами (тележками). На ленте в кузовной располагаются 9 вагонов, по 3 на каждое рабочее место. Рабочих мест в кузовной также 3. Четвертое рабочее место — в малярной.

Вагон для ремонта подается к первому рабочему месту транспортной платформой. На первом рабочем месте имеются канавы, где производится разъединение кузова от тележки. Подъем кузова производится электродомкратами. Тележка выкатывается обратно на платформу и передается в тележечную для ремонта, а под кузов, так же как и в описанных выше мастерских Берлинского трамвая, подкатываются временные легкие козлы. Работа на одном рабочем месте (такте) продолжается 4 дня, после чего кузова продвигаются на следующее рабочее место. Таким образом кузов проходит ремонт в 16 дней, из коих 12 дней в кузовной (с окраской) и 4 дня в малярной на лакировке.

Передвижение вагонов с одного рабочего места на другое производится вручную.

Сборка тележек в гамбургских мастерских также производится по методу непрерывного потока.

Гамбургские мастерские кроме ремонта вагонов строят также новые вагоны в специальных корпусах.

Мастерские гамбургского трамвая отличаются тем, что они размещены в нескольких отдельных корпусах.

Как видно из описания ремонта вагонов, в берлинских мастерских число рабочих мест больше, чем в гамбургских мастерских, и на каждом рабочем месте производится меньшее количество операций, что специализирует рабочих и дает возможность сократить срок пребывания в ремонте (Гамбург — 16 дней, Берлин — 8 дней). Малярные работы несомненно лучше проводить в специальном помещении с повышенной температурой и с возможностью применить воздушные кисти. При окраске вагона в кузовной во время ремонта воздушные кисти применить нельзя, так как красочная пыль вредна для здоровья.

Чрезвычайно интересным, пользующимся мировой известностью, крупным примером применения поточной системы для ремонта

электрического подвижного состава являются Актонские мастерские компании Лондонского метрополитена («London Underground Electric Railway System»)[1]. План мастерских изображен на рис. 200 (см. вклейку).

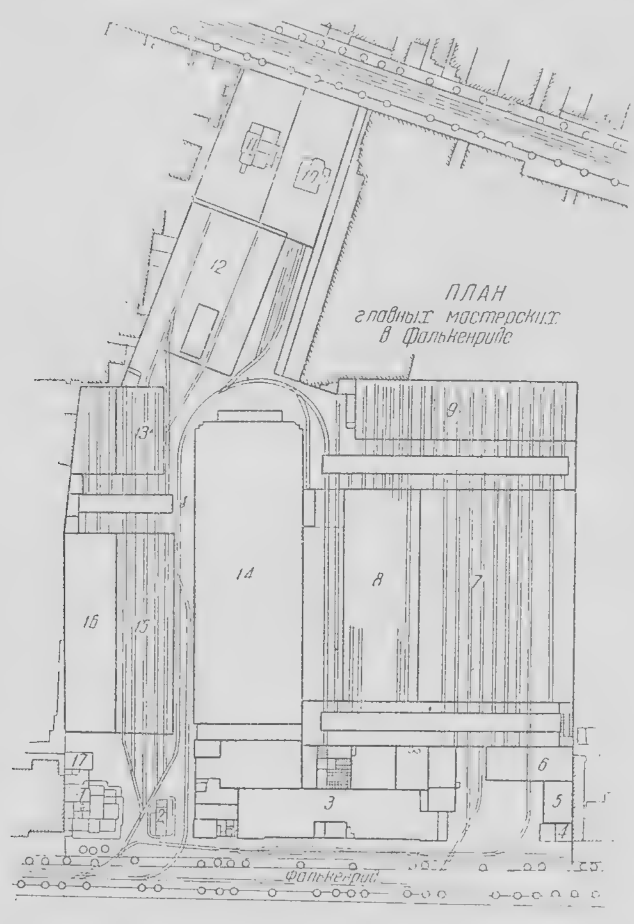


Рис. 199. План мастерских Гамбурга:

1 — жилой и административный дом; *2* — проходная контора; *3* — главный магазин, шорная, пошивочная, помещение для отдыха и приема пищи; *4* — трансформаторная подстанция; *5* — склад материала; *6* — колесно-токарная; *7* — подъемная и ремонт кузовов; *8* — тележечная; *9* — малярная; *10, 11* — жилые дома и бюро; *12* — склад лесных материалов; *13* — малярная; *14* — электрическая, слесарно-механическая, жестяничная и кузница; *15* — постройка новых вагонов и восстановительный ремонт; *16* — деревообделочная и *17* — гараж.

Работа этих мастерских организована полностью по конвейерной (поточной) системе и протекает следующим образом: поступивший в ремонт вагон подается в демонтажный цех, где 30-тонным кра-

[1] Описание заимствовано из книги М. Ефимова. Гострансиздат, 1936 г.

ном производится подъем кузова, из-под которого выкатываются его тележки, а вместо них под кузов подводятся ложные временные тележки, на которые опускается кузов. Здесь же с вагона снимаются сиденья и кузов поступает в продувочную камеру. После продувки кузов и его тележки при помощи поперечной транспортной тележки № 1 передаются в главный корпус, где и ремонтируются поточным методом. Сначала кузов поступает на демонтажный путь *А—А*, по которому передвигается со скоростью 3,05 *м* в минуту. Движение кузова осуществляется помощью специальной тяговой цепи, снабженной кареткой со сцепляющим механизмом. Тяговая цепь расположена сбоку ходовых рельсов, по которым движутся ложные тележки на расстоянии 380 *мм*. На демонтажном пути с кузова снимаются аппараты электрического оборудования, пневматического оборудования, упряжные приборы, тормозное оборудование и все это направляется в цехи, расположенные в перпендикулярном направлении к демонтажному пути.

Если кузов требует ремонта, то он транспортной тележкой передается в кузовной цех, где он и ремонтируется. Кузов, не требующий ремонта или уже отремонтированный в кузовном цехе, той же транспортной тележкой передается на конвейер сборки *Б—Б*. Здесь кузов движется тем же методом в направлении обратном разборке и с той же скоростью в 3,05 *м* в минуту. На сборочном конвейере производится сборка и монтаж всего снятого ранее оборудования с вагона. Тележки, выкаченные из-под кузова во время его подъема, поступают на гусеничный пластинчатый конвейер *В—В*. Здесь производится их разборка. Все снятые с них детали направляются в мастерские, находящиеся под прямым углом к разборочному конвейеру, где и ремонтируются.

Отремонтированные детали тележек, их аппараты и тяговые двигатели направляются через колесно-токарный цех на сварочный конвейер *Г—Г*, который движется в направлении, обратном разборочному конвейеру *В—В* и с той же скоростью. Здесь производится сборка и монтаж тележек. Отремонтированные кузовы и тележки подаются транспортной тележкой № 1 в монтажный цех, где и производится их соединение. Здесь же производится установка сидений на кузове.

Окраска вагонов производится до постановки их на свои тележки в малярной, где работа производится также поточным методом. Все пути малярной специализированы — на одних производится полная, на других частичная окраска. Перед окраской производится тщательная обмывка вагона. Продолжительность окраски — 3 дня.

Актюбинские мастерские обслуживают 3000 четырехосных вагонов. Штат мастерских (рабочих и служащих) около 1000 человек. Общая продолжительность большого периодического ремонта всего 7 дней при односменной работе.

Из изложенного видно, что мастерские, работающие методом непрерывного потока, имеют длинные пути — ленты для последовательного ремонта, в то время как при индивидуальном ремонте имеется ряд коротких путей, где вагон простаивает все время ре-

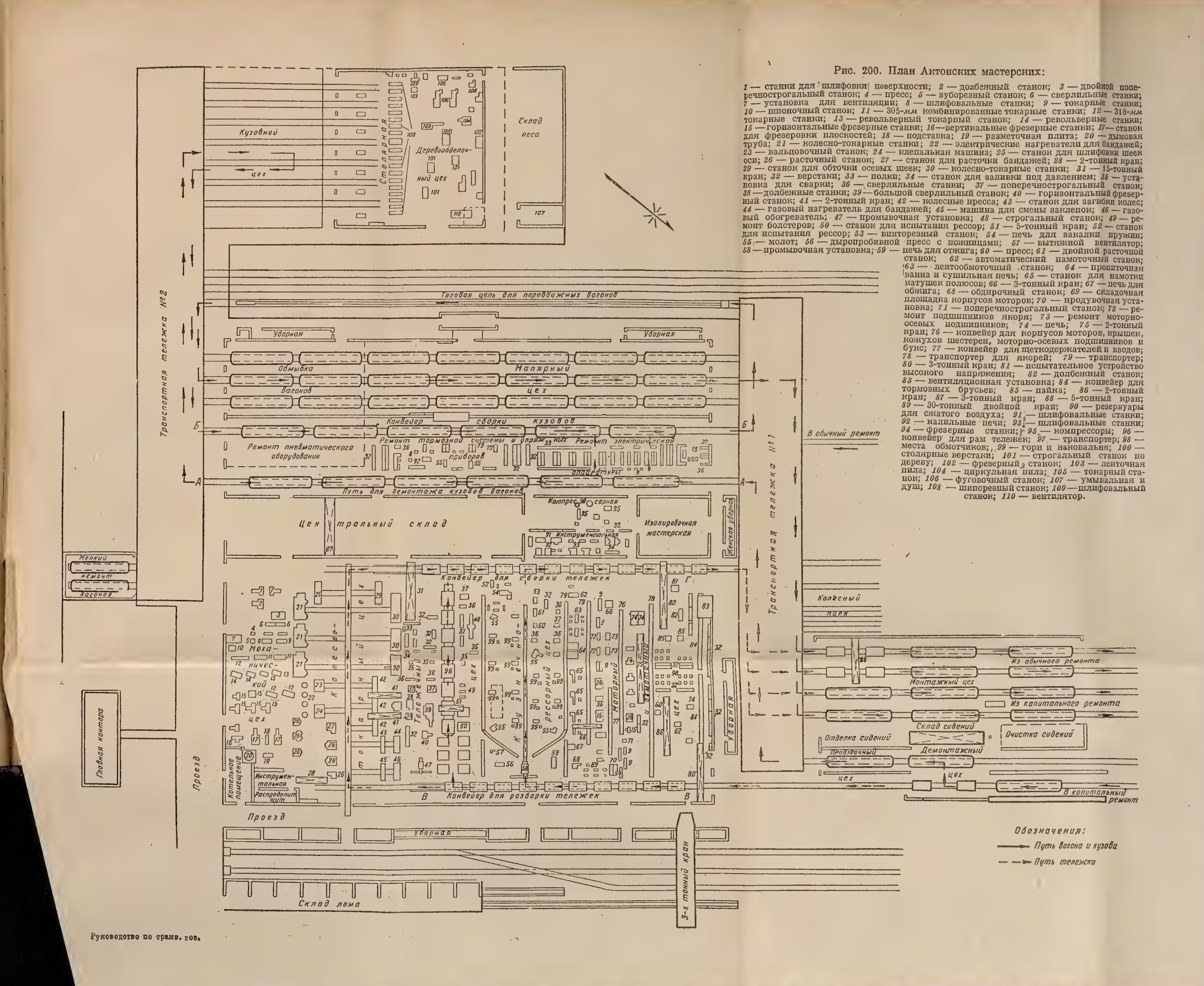


Рис. 200. План Актонских мастерских:

1 — станки для шлифовки поверхности; *2* — долбежный станок; *3* — двойной поперечнострогальный станок; *4* — пресс; *5* — зуборезный станок; *6* — сверлильные станки; *7* — установка для вентиляции; *8* — шлифовальные станки; *9* — токарные станки; *10* — шпоночный станок; *11* — 305-*мм* комбинированные токарные станки; *12* — 318-*мм* токарные станки; *13* — револьверный токарный станок; *14* — револьверные станки; *15* — горизонтальные фрезерные станки; *16* — вертикальные фрезерные станки; *17* — станок для фрезеровки плоскостей; *18* — подставка; *19* — разметочная плита; *20* — дымовая труба; *21* — колесно-токарные станки; *22* — электрические нагреватели для бандажей; *23* — вальцовочный станок; *24* — клепальная машина; *25* — станок для шлифовки шеек оси; *26* — расточный станок; *27* — станок для расточки бандажей; *28* — 2-тонный кран; *29* — станок для обточки осевых шеек; *30* — колесно-токарные станки; *31* — 15-тонный кран; *32* — верстаки; *33* — полки; *34* — станок для заливки под давлением; *35* — установка для сварки; *36* — сверлильные станки; *37* — поперечнострогальный станок; *38* — долбежные станки; *39* — большой сверлильный станок; *40* — горизонтальный фрезерный станок; *41* — 2-тонный кран; *42* — колесные пресса; *43* — станок для загибки колес; *44* — газовый нагреватель для бандажей; *45* — машина для смены заклепок; *46* — газовый обогреватель; *47* — промывочная установка; *48* — строгальный станок; *49* — ремонт болстеров; *50* — станок для испытания рессор; *51* — 5-тонный кран; *52* — станок для испытания рессор; *53* — винторезный станок; *54* — печь для закалки пружин; *55* — молот; *56* — дыропробивной пресс с ножницами; *57* — вытяжной вентилятор; *58* — промывочная установка; *59* — печь для отжига; *60* — пресс; *61* — двойной расточной станок; *62* — автоматический намоточный станок; *63* — лентообмоточный станок; *64* — пропиточная ванна и сушильная печь; *65* — станок для намотки катушек полюсов; *66* — 3-тонный кран; *67* — печь для обжига; *68* — обдирочный станок; *69* — складочная площадка корпусов моторов; *70* — продувочная установка; *71* — поперечнострогальный станок; *72* — ремонт подшипников якоря; *73* — ремонт моторно-осевых подшипников; *74* — печь; *75* — 2-тонный кран; *76* — конвейер для корпусов моторов, крышек, кожухов шестерен, моторно-осевых подшипников и букс; *77* — конвейер для щеткодержателей и вводов; *78* — транспортер для якорей; *79* — транспортер; *80* — 3-тонный кран; *81* — испытательное устройство высокого напряжения; *82* — долбежный станок; *83* — вентиляционная установка; *84* — конвейер для тормозных брусьев; *85* — пайка; *86* — 2-тонный кран; *87* — 3-тонный кран; *88* — 5-тонный кран; *89* — 30-тонный двойной кран; *90* — резервуары для сжатого воздуха; *91* — шлифовальные станки; *92* — калильные печи; *93* — шлифовальные станки; *94* — фрезерные станки; *95* — компрессоры; *96* — конвейер для рам тележек; *97* — транспортер; *98* — места обмотчиков; *99* — горн и наковальня; *100* — столярные верстаки; *101* — строгальный станок по дереву; *102* — фрезерный станок; *103* — ленточная пила; *104* — циркульная пила; *105* — токарный станок; *106* — фуговочный станок; *107* — умывальная и душ; *108* — шипорезный станок; *109* — шлифовальный станок; *110* — вентилятор.

монта. Ремонт тележек и моторов обычно производится на том же коротком пути, что невозможно при поточном производстве. При поточном производстве обязательно одновременное производство всех работ на кузове — столярных, слесарных и пр. При индивидуальном ремонте обычно большая часть работ на кузове производится на спущенном уже на тележку кузове.

Однако, имеется возможность и при индивидуальном ремонте, во-первых, выделить ремонт тележек в особые места, приспособленные для этого, во-вторых, ремонт моторов также выделить в особое помещение и, наконец, все работы на кузове — столярные и слесарные — также производить одновременно на поднятом на домкратах или специальных ложных тележках.

Эта организация ремонта значительно усовершенствует индивидуальный метод работы, повышает производительность мастерских, сокращает срок простоя вагона на ремонте и позволяет этому методу при небольшом, сравнительно, числе ремонтируемых вагонов — даже конкурировать с методом непрерывного потока.

Метод непрерывного потока имеет особое значение при большом масштабе работ, но с уменьшением его масштаба работ уменьшается экономический эффект этого метода.

Кроме того, обязательным условием для непрерывного метода производства служит однотипность вагонов и однородность ремонтов. Даже мастерские, работающие методом непрерывного потока, имеют отдельные места для индивидуального ремонта малого числа разнотипных вагонов и для ремонтов аварийных, восстановительных (с неопределенным объемом работ) и проч.

Обязательным условием возможности проведения метода непрерывного потока является совершенно удовлетворительное бесперебойное снабжение материалами и запасными частями.

Для среднего трамвайного предприятия, имеющего в инвентаре 100—150 моторных вагонов (включая сюда и грузовые), при наличии 2—4 типов вагонов — следует остановиться на индивидуальном методе ремонта вагонов.

Производственная программа вагоно-ремонтных мастерских предусматривает количество выпускаемых вагонов в год из различных видов ремонтов.

При известном количестве инвентарных вагонов для определения производственной программы мастерских следует установить вид ремонта вагонов.

Исходя из пробегов вагонов между ремонтами, определяют количество вагонов, подлежащих тому или другому виду ремонта. При этом из числа вагонов, подлежащих определенному виду ремонта с малым пробегом, следует вычесть число вагонов, прошедших другой вид ремонта с большим пробегом.

Так, количество вагонов по тому или другому виду периодического ремонта может быть определено по формуле:

$$P = \frac{wl}{L} - \frac{wl}{L'} = wl\left(\frac{1}{L} - \frac{1}{L'}\right),$$

где:

P — количество вагонов для данного периодического ремонта,
w — количество инвентарных вагонов,
l — годовой пробег в *км*,
L — пробег в *км* между сроками данного вида ремонта,
L' — пробег в *км* для периодического ремонта с большим пробегом.

Случайные и аварийные ремонты учитываются в процентном отношении к инвентарному количеству вагонов.

Так, вагонов в случайном ремонте будет

$$P_c = K_c w$$

и в аварийном ремонте

$$P_a = K_a w \;,$$

здесь: K_c — коэфициент, учитывающий процентное отношение случайных ремонтов, который может быть принят на основании существующей практики при хорошо организованной эксплоатации равным 20—30% от инвентарного количества вагонов;

K_a — то же в отношении аварийных ремонтов и может быть принят равным 3—5%. При этом для прицепных вагонов следует принимать меньшее значение, так как они меньше подвержены авариям.

При исчислении пробегов между ремонтами следует руководствоваться для моторных вагонов пробегами, указанными в характеристиках ремонтов, а пробеги для прицепных вагонов следует увеличить на 30—40%, так как прицепные вагоны меньше подвержены износу, испытывая меньше вредные последствия движения (удары, толчки, столкновения и т. д.).

Подсчитанные по указанным формулам количества вагонов на годовую программу записываются в соответствующие ведомости с указанием вида ремонта и с разбивкой на моторные и прицепные вагоны.

3. Технологический процесс ремонта двухосных вагонов; цехи вагоно-ремонтных мастерских и их взаимное расположение

При рассмотрении технологических процессов ремонта вагонов и расположения цехов и отделов вагоно-ремонтных мастерских принимаем ремонт двухосных вагонов производства Мытищинского вагонного завода, причем, как было указано выше, остановимся на стойловом методе ремонта.

На рис. 201 и 202 представлен план вагоно-ремонтных мастерских для среднего трамвайного хозяйства с инвентарем в 100 моторных с 70 прицепных вагонов.

Кроме вагоно-сборочной и тележечной мастерские содержат:

1) моторно-сварочную, 2) моечную, 3) малярную, 4) электрический цех, 5) мастерскую для монтажа роликовых букс и роликоподшипников, 6) мастерскую для очистки песком деталей тележки, 7) полускатную, 8) слесарно-арматурный цех, 9) механический цех,

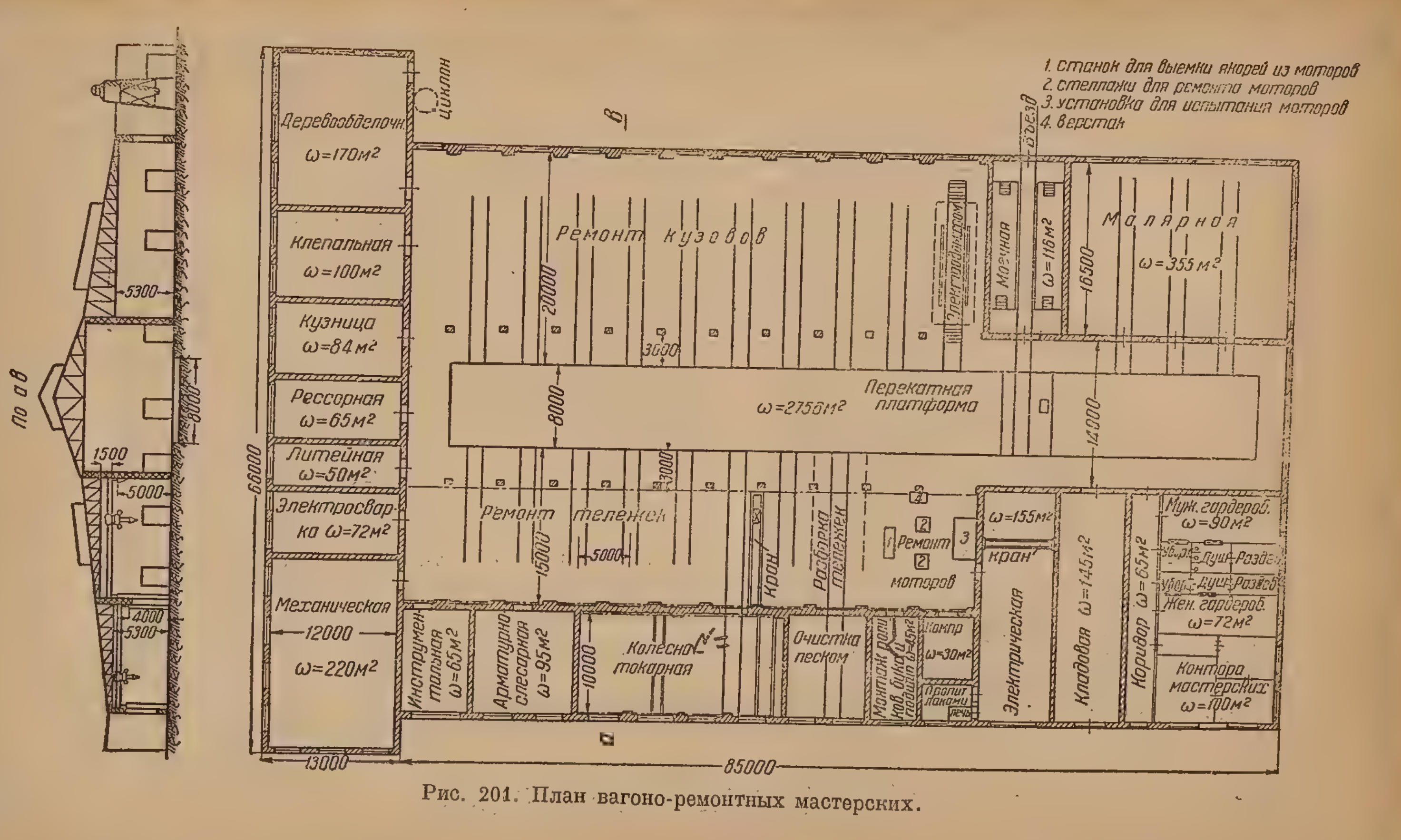


Рис. 201. План вагоно-ремонтных мастерских.

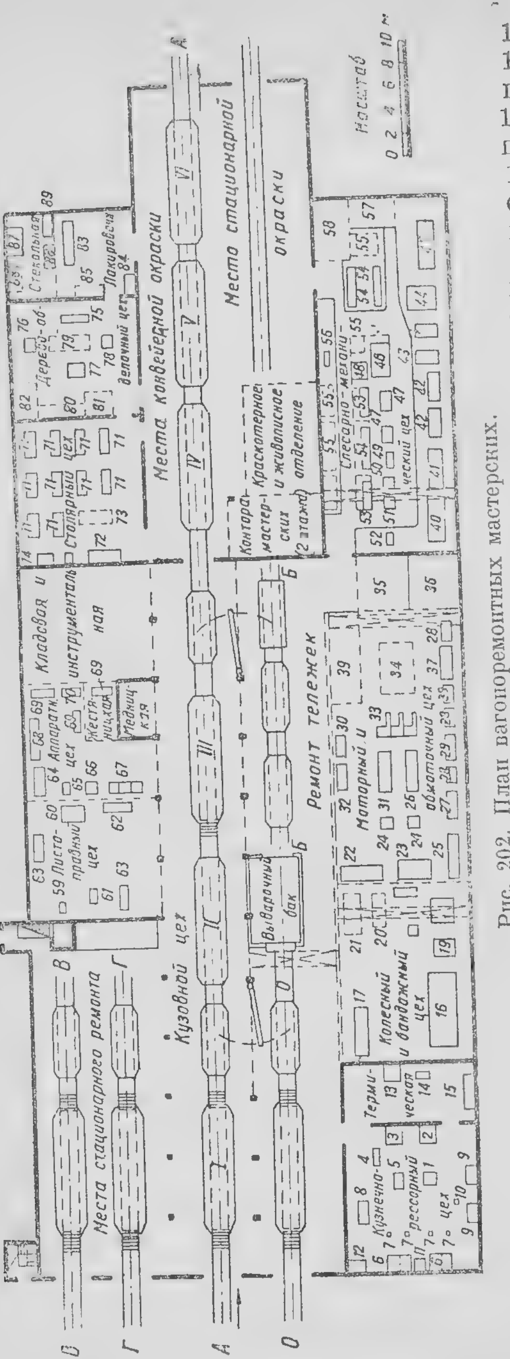


Рис. 202. План вагоноремонтных мастерских.

10) инструментальную, 11) электросварочный цех, 12) рессорный цех, 13) литейную, 14) кузницу, 15) клепальную, 16) деревообделочный и столярный цехи, 17) компрессорную.

Кроме того, при вагоноремонтных мастерских имеются кладовая, контора мастерских и помещения для хранения одежды рабочих.

Основным помещением вагоноремонтных мастерских являются вагоно-сборочная и тележечная для ремонта кузова и тележек, которые размещаются, собственно, в одном помещении. Остальные цехи группируются с двух сторон этих помещений.

Как увидим ниже, из технологического процесса ремонта вагонов, ремонт кузова вагона связан главным образом с цехами: клепальным, деревообделочным, электросварочным, кузнечным и малярным.

Ремонт тележки связан главным образом с камерой для очистки песком, моторносварочной, слесарной, кузнечной, механической, электросварочной, колесно-токарной и мастерскими для монтажа букс.

Поэтому, как видно из рис. 201, ближе к отделению для ремонта кузовов размещены деревообделочная, клепальная; ближе к ремонту тележек — колесно-токарная, механическая, электрическая и др. мастерские, связанные

с ремонтом тележек. Цехи, связанные как с ремонтом кузова, так и тележек, размещаются на средине: кузница и электросварочная. Это размещение сокращает пути перемещения отдельных деталей при ремонтах и тем ускоряет самый процесс ремонта.

Все помещение вагоноремонтных мастерских представляет собой прямоугольник общей площадью 5448 $м^2$, что составляет на 1 инвентарный вагон около 32 $м^2$.

Технологический процесс ремонта моторного вагона в этих мастерских проходит следующим образом.

Вагон перед поступлением на ремонт проходит через моечное отделение, где при помощи шланга вагон обмывается от грязи и пыли.

После мойки вагон поступает на транспортную платформу и подается на специальное место, расположенное рядом с моечной и оборудованное канавой и подъемным механизмом. Здесь происходит разъединение частей, скрепляющих кузов с тележкой: кузовных рессор, тормозной системы, электропроводки и пр. Кузов поднимается и из-под него выкатывается тележка со всем находящимся на ней оборудованием: моторами, колесными парами, компрессором и другими частями. Тележка ставится на транспортную платформу и подается в тележечное отделение на специальное место для разборки тележек. Под поднятый кузов подкатываются специальные легкие временные (ложные) тележки (2 штуки), на которых кузов при помощи транспортной платформы подается на свободное место в кузовном отделении. Во все время ремонта кузов находится на этих тележках; тележек имеется всего 9 пар, по паре на место в кузовной.

Поступивший на рабочее место в кузовное отделение кузов подвергается разборке. При этом производятся следующие операции:

1) снимаются предохранительные сетки, тормозная система, буферы, песочницы, подножки, части пневматического оборудования, части электрического оборудования снаружи и внутри вагона; каждая часть поступает на ремонт в соответствующий цех;

2) снимается обшивка кузова и площадок, разбираются крыша, потолок, пол и сидения;

3) снимаются оконные рамы, двери и вся арматура;

4) в зависимости от состояния проверяется или разбирается металлический остов кузова и площадки; металлические части поступают для ремонта в клепальную, а деревянные — в деревообделочный цех.

Таким образом ремонт кузова связан с цехами:

1) к л е п а л ь н ы м, где производятся: а) ремонт металлических частей кузова, б) выправка обшивочных листов, в) заготовка подножек, г) изготовление шестеренных и надколесных кожухов, д) изготовление и ремонт коробов для песочниц и др.;

2) д е р е в о о б д е л о ч н ы м, где производится: а) ремонт и изготовление вагонных дверей и оконных рам, б) изготовление площадочных стоек и дуг, в) заготовка внутренней обшивки кузова и потолка, г) заготовка пола с люками и крыши, д) ремонт и заготовка сидений, е) изготовление деревянных частей подножек и ограждений;

15*

3) сварочным, производящим сварку и наварку отдельных частей;

4) арматурно-слесарным, где производится ремонт токоприемников, тормозной системы, частей воздушного тормоза, арматуры вагонов и сборка подбуферных угольников и буферов и пр.;

5) электрическим, производящим ремонт и регулировку автоматов, рубильников, контроллеров, предохранительных коробок, громоотводов, реостатов, общего силового рукава, приборов электроосвещения;

6) кузнечным, производящим ремонт и изготовление сцепных приборов, рычагов, тяг и пр.;

7) малярным, производящим окраску вагона.

Тележка по поступлении на разборочное место освобождается от моторов при помощи мостового крана, обслуживающего все места тележечного отделения и место для ремонта моторов. Кроме того, с тележки снимаются буксовые и кузовные рессоры, шестеренная передача, тормозные части, компрессор. Тележка приподнимается мостовым краном, из-под нее выкатываются колесные пары с буксами. Из помещения для очистки песком выкатывается по рельсовому пути низкая легкая платформа, которая подкатывается под тележку, тележка опускается краном и подается на платформе вместе с частями, которые можно очищать песком — в камеру для очистки. Из камеры тележка вновь выкатывается на прежнее место, подхватывается мостовым краном и ставится (без колесных пар) на свободное место в тележечном отделении для ремонта.

Отдельные части снятого оборудования с тележки поступают на ремонт: моторы в моторносборочную, где они подвергаются разборке; якоря, катушки, щеткодержатели — направляются в электрический цех.

Буксы (роликовые) и роликоподшипники моторов поступают в мастерскую для их промывки и ремонта. Рессоры направляются в слесарную; тяги, рычаги и т. п. — в кузницу; колесные пары направляются в колесно-токарную.

Освобожденный от всех частей корпус мотора, также на платформе, подается в камеру для очистки внутри и снаружи песком, после чего уже возвращается для монтажа в монтажное отделение. Не менее целесообразным следует считать и другой, получивший широкое применение, метод очистки остова мотора путем вываривания его в щелочной ванне.

Таким образом ремонт тележки связан с цехами и отделениями:

1) моторно-сборочной, где происходит ремонт моторов;

2) камерой для очистки песком;

3) электрическим цехом, где происходит ремонт якорей, катушек, щеткодержателей и пр.;

4) слесарным цехом, производящим ремонт механического и пневматического оборудования;

5) колесно-токарным отделением, где производится ремонт колесных пар, переточка и смена бандажей, шлифовка шеек и др.;

6) кузнечным цехом ⎫ производящими различные ремонтные
7) сварочным цехом ⎭ работы;

8) мастерской для ремонта роликовых букс и подшипников.

Освобожденная от оборудования тележка, установленная мостовым краном на свободное место для ремонта в тележечной, подвергается проверке. Поперечные и продольные балки или сменяются или завариваются, если имеют незначительные трещины. Проверяются все заклепки и ослабевшие срубаются и заменяются новыми.

Опоры кузова на тележке проверяются по длине и ширине тележки. Траверсы тормозов выправляются по шаблону и ставятся параллельно оси колесной пары. В разработанные отверстия тормозной системы вставляются цементированные втулки. Все валики тормозной системы также должны быть цементированными. Пружины, севшие до 10 *мм*, заменяются новыми или у них восстанавливается стрела прогиба (если диаметр проволоки больше 3 *мм*). Проверяются расстояния центров отверстий для болтов, пружин, моторных траверс от боковых граней буксовых направляющих.

Из колесно-токарной подаются колесные пары, на них надеваются буксы. Тележка приподнимается мостовым краном и под нее подкатываются колесные пары. На последние надеваются большие шестерни и ставится компрессор (осевой).

Якоря, катушки, щеткодержатели после ремонта и испытания в электрическом цехе поступают в моторное отделение, где устанавливаются на моторы.

Собранные моторы поднимаются краном на испытательную площадку для испытания под нагрузкой, после чего тем же краном переносятся и ставятся на тележку. Затем на тележке устанавливаются тяги тормозов, рессоры и пружины.

Одновременно происходит и сборка кузова вагона. Отремонтированные части металлического кузова поступают к месту ремонта кузова, где монтируются на раме. После сборки остова кузова собираются площадки, части которых поступают из деревообделочного цеха. Производится установка оконных рам, дверей, полов и крыши. Кузов вагона обшивается снаружи листами железа, после чего производится проводка силовой и осветительной цепей и установка деталей электрического, пневматического и механического оборудования: реостатов, контроллеров, автоматов, рубильников, шунтов, токоприемника, воздушных резервуаров, тормозного цилиндра, кранов машиниста, воздухопровода, песочниц, звонков, ручного тормоза с рычагами и тягами, буферов и проч.

После укладки проводов производится внутренняя обшивка кузова деревянными планками, устанавливаются сиденья и арматура.

Готовый кузов, находящийся на временных тележках, при помощи транспортной платформы подается на сборочное место, снабженное подъемным приспособлением. Здесь кузов поднимается и изпод него убираются временные тележки. К этому же месту подается, также при помощи транспортной платформы, смонтированная тележка, уже полностью оборудованная; тележка подкатывается под кузов и кузов опускается.

На сборной канаве производится соединение кузова с тележкой рессорными серьгами, соединяется силовая проводка, воздухопровод и тормозная система. Затем вагон подвергается пробной прокатке. Замеченные дефекты устраняются на той же сборочной канаве.

После устранения дефектов вагон при помощи транспортной платформы подается для полной окраски в малярную. Иногда при задержке в ремонте тележки кузов подается на окраску в малярную на временных тележках.

В принятом к рассмотрению подвижном составе прицепной вагон отличается от моторного отсутствием тележки, силового электрооборудования и основных частей пневматического оборудования (компрессор, резервуары, краны машиниста), что значительно упрощает процесс ремонта его.

Пройдя мойку, прицепной вагон поступает на место подъемки, где принимается кузов вагона, из-под него выкатываются колесные пары, а кузов опускается на легкие временные тележки и подается на ремонт на свободное место в кузовной. Выкатку колесных пар из-под прицепного вагона возможно и даже целесообразно производить не на сборочной канаве, а на месте ремонта его кузова. Для этого на отведенных для ремонта прицепных вагонов двух рабочих местах следует иметь 2 комплекта (8 штук) обычных домкратов Беккера, на которых после подъемки вагона и выкатки колесных пар вагон и остается на все время ремонта.

Работа по ремонту кузова прицепного вагона производится тем же порядком, как и ремонт кузова моторного вагона. После ремонта кузова отремонтированные колесные пары и части тормозной системы поступают непосредственно к месту ремонта кузова и производится опускание кузова на колесные пары и сборка тормозной системы. После сборки вагон также подвергается обкатке и подается для окраски в малярную.

Существенную роль играет внутренний цеховой транспорт, служащий для переброски частей и деталей оборудования вагона из цеха в цех. Правильно организованный внутрицеховой транспорт имеет громадное значение в удешевлении ремонта, сокращении простоя вагона в ремонте и следовательно увеличении пропускной способности мастерских. Поэтому на выбор транспортных и подъемных приспособлений должно быть обращено серьезное внимание.

Перемещение деталей и полуфабрикатов из цеха в цех, из кладовой к месту работ и пр. производится электрокарами. Для этого вдоль кузовного и тележечного цехов у стен имеется свободная полоса шириной в 4 *м*, позволяющая свободное перемещение электрокар с грузом. Такая же полоса имеется и вдоль стены цехов механического, электросварочного, рессорного, литейного, клепального, кузнечного и деревообделочного. Кроме того, электрокары могут перемещаться и между выемкой для транспортной платформы и колоннами, где ширина прохода 3 *м*. Электрокары развивают с полной нагрузкой скорость в 7 *км/час*. За одну зарядку аккумуляторов электрокар, грузоподъемностью 750 *кг*, дает производительность в 30 *т/км*

и электрокар в 1500 *кг* — 60 *т/км*. Электрокары преодолевают подъем в 80 тысячных.

В отделении для ремонта тележек тяжести могут перемещаться мостовым краном.

Мастерские имеют один заезд для вагонов — через моечное отделение. Проход для рабочих — через коридор, мимо конторы и гардеробных комнат.

Кроме того, в деревообделочном цехе для подачи леса, в кладовой для подвозки материалов имеются отдельные ворота, обычно запертые и открываемые лишь по мере надобности.

Каждый цех имеет отдельный выход в общий зал ремонта вагонов и ни один цех не является проходным.

В зале ремонта вагонов (кузовное и тележечное отделения), в малярной, моечной, столярном, механическом, электрическом цехах и кладовой должен быть дан хороший верхний свет, так как бокового света недостаточно, а кое-где и вовсе нельзя дать за исключением верхних фрамуг в воротах (кладовая, моечная).

4. Проектирование вагоноремонтных мастерских

Созданию всякого предприятия, в том числе и вагоноремонтных мастерских для трамвая предшествует проектирование этого предприятия. Проектом разрешаются основные проблемы, как-то: количество ремонтов в год, методы ремонтов, их технологический процесс, выбор и размещение оборудования, определение количества рабочей силы, и, наконец, определение размеров предприятия, т. е. площадей как всего предприятия в целом, так и отдельных производственных (цехов, мастерских) и вспомогательных помещений, складов, контор и т. д. и их взаимное расположение. Проектом также разрешается проблема строительного оформления предприятия. Кроме того, в проекте разрешаются вопросы снабжения материалами, энергетикой и всем необходимым для нормальной жизни предприятия.

В основу проектирования кладется плановое задание, которое должно отвечать на следующие вопросы:

1) количество ремонтируемых в год моторных и прицепных вагонов, выведенное на основании перспективного плана развития вагонного парка трамвайного хозяйства;

2) виды ремонтов, производимых в мастерских;

3) указание на кооперирование производства с другими предприятиями (получение готовых изделий или деталей со стороны, как-то: литье, пластмассы и др.);

4) указание на производство запасного оборудования для трамвайных парков.

Кроме того, в плановом задании указываются местоположение и размеры земельного участка, отведенного под вагоноремонтные мастерские.

Плановое задание должно быть утверждено высшими государственными учреждениями (НККХ).

Проектирование предприятия разбивается на три основные части, выполняемые последовательно одна за другой:

1) проектное задание,
2) технический проект,
3) рабочий проект [1].

Проектное задание представляет собой как бы предварительный проект, где в эскизном упрощенном виде даются все элементы предприятий.

Проектное задание выполняется по каждому цеху, мастерской или отделению отдельно, затем компануется общей пояснительной запиской, отображающей основные предпосылки и обоснования проектирования, производственную программу предприятия, выбор системы ремонта, установление режима работы (сменность и т. д.), организацию работ, определение площадей цехов, мастерских и всего предприятия в целом.

Проектное задание снабжается эскизной планировкой предприятия на земельном участке и эскизной планировкой производственных и вспомогательных помещений. Здесь же рассматриваются вопросы внутреннего и внешнего транспорта, энергетического хозяйства, капиталовложений, штата предприятия, а также даются основные технико-экономические показатели.

Проектное задание выполняется на основе спецификаций ремонтируемых и изготовляемых изделий (форма № 1) [2], изготовляемых ранее и являющихся основой программы цеха или мастерской.

В этих спецификациях перечисляются детали изделий и на основании данных практики о проценте изнашиваемости или замены деталей составляется годовая программа ремонта их или изготовления заново. В спецификации также указываются цехи, изготовляющие детали, причем цехи указываются в их последовательности согласно технологическому процессу. Основанием для спецификации формы № 1 может служить дефектная ведомость на вагон.

На основании дефектной ведомости составляется проектное задание, которое удобно выполнять по прилагаемой форме № 2.

По форме № 2 можно составлять проектное задание для всех цехов, как основных — кузовного, тележечного, моторного и аппаратного, так и вспомогательных — кузнечного, деревообделочного, механического и др. В п. 4 проектного задания указывается трудоемкость или затрата станочного и рабочего времени на изготовление изделия. Трудоемкость может быть отнесена или ко всему изделию непосредственно или (при производстве многих изделий — в механическом, кузнечном или другом цехе) к тонне изделий цеха. При этом разделяют станко-часы для механической обработки и человеко-часы для ручной обработки. Данные п. 4 выводятся на основании опытных практических соображений и сравнений с аналогичными производствами других предприятий.

---

[1] См. «Правила составления и утверждения проектов по строительству» (ОСТ 4444—4450, издание 1933 г.).

[2] Формы № 1 и № 2 приложены в конце книги.

В п. 5 указывается режим работы цеха, т. е. количество смен в течение суток и какая принята рабочая неделя — шестидневная, пятидневная, прерывная или непрерывная. Здесь же указывается фонд рабочего времени в году как станочного оборудования, так и рабочих.

Фонд времени складывается из количества рабочих дней в году, количества смен в течение суток, часов работы в смену. Сюда вводится коэфициент, учитывающий неполное использование рабочего времени из-за ремонта оборудования, станка или положенного отпуска рабочего. Обычно этот коэфициент принимается равным 0,9.

При шестидневной прерывной рабочей неделе и при семичасовой работе в смену фонд времени будет:

при односменной работе . .	300·1·7·0,9 = 1890	часов в год
при двухсменной работе . .	300·2·7·0,9 = 3780	» » »
при трехсменной работе . .	300·3·7·0,9 = 5670	» » »

В п. 7 определяется главнейшее оборудование цеха, т. е. главным образом станочное или машинное.

Расчет производится по программе выпуска или по количеству обработок на том или другом станке (если известно), по затрате времени на обработку (по п. 4) и по фонду рабочего времени (по п. 5). Обычно этот вопрос разрешается приближенно, т. е. по программе общего выпуска цеха и по трудоемкости в станко-часах обработки одной тонны изделий определяют общее количество станков цеха. Распределение же станков по типам производится в зависимости от характера производства. Так, для механических участков основных цехов или для центральных механических можно рекомендовать следующее распределение станков по типам:

1. Токарных станков разных (в том числе и револьверных)	35 — 40%
2. Строгальных разных	25 — 30%
3. Фрезерных »	10 — 5%
4. Сверлильных »	15 — 10%
5. Долбежных »	2 — 1%
6. Болторезных и гайко-нарезных . .	5 — 3%
7. Заточных	2 — 1%
8. Прочих станков	6 — 10%

Аналогично станочному оборудованию производится подсчет и специфического оборудования — ванн для гальванических, сушильных, пропиточных и компаундировочных устройств для электрических цехов, а также всевозможных устройств (камер для сушки вагонов и пр.) для малярной мастерской. В п. 8 производится подсчет рабочей силы. При этом рабочая сила для станков подсчитывается по числу станков и смен, а для ручной обработки считается аналогично п. 7 на основании данных пп. 4 и 5.

В п. 10 высота производственных помещений указывается с учетом наличия кранов и берется в пределах, разрешаемых строительными нормами.

Проектное задание с пояснительной запиской должно быть утверждено высшими государственными учреждениями (НККХ).

Более детальную, глубокую разработку вопросов проектирования производят в техническом проекте. Здесь находят разрешение все проблемы проекта вагоноремонтных мастерских.

Содержание технического проекта следующее:

1. Генеральный план (в горизонталях) расположения всех сооружений на участке с нанесением характера застройки смежных участков, подробные геологические разрезы, характеризующие данный участок, с указанием на возможность дальнейшего расширения предприятия.

2. План и размеры сооружений с указанием на них принятых конструкций и их деталей, с нанесением расположения основного оборудования, транспортного и иного устройства.

3. Детальный расчет технологических процессов, обоснование выбранных методов и системы организации производства, типа оборудования для всех основных и вспомогательных производств.

4. Расчет рабочего времени, потребного для отдельных стадий производственного процесса.

5. Расчет потребной производственной и вспомогательной рабочей силы, административного и технического персонала по различным цехам, специальностям и квалификациям.

6. Расчеты потребного количества энергии, тепла, газа, обоснование выбранной системы силовых, котельных, газогенераторных устройств и т. п.

7. Расчет площадей, потребных производственных высот и кубатур каждого цеха, бытовых и вспомогательных помещений с указанием наибольшего числа людей, которые будут находиться посменно в этих цехах и помещениях.

8. Нормы и выбор естественного и искусственного освещения.

9. Решение архитектурно-строительной части проекта в основных чертежах (планы, разрезы и фасады) с описанием принятых конструкций и материалов, с изложением технико-экономических обоснований выбора конструкций.

10. Основные принципы устройства отопления, вентиляции, водоснабжения, удаление и очистка сточных производственных, хозяйственных, фекальных и атмосферных вод, противопожарных устройств и т. п.

11. Расчет и планировка жилых помещений и описание всех строительных работ по культурному и бытовому обслуживанию и общему благоустройству.

12. Спецификации и сметы на устанавливаемое оборудование, потребный рабочий, измерительный и контрольный инструменты и приборы со включением в смету расходов на транспорт, монтаж и пр.

13. Строительную смету в укрупненных измерителях (по кубатуре и элементам сооружения) на все заводские сооружения, жилищные и культурно-бытовые устройства.

14. Сметы и расходы по подготовке кадров и организацию пуска объекта строительства.

15. Общую сводную смету стоимости объекта в целом.

16. Расчет потребного оборотного капитала.

17. Подробную калькуляцию себестоимости продукции, сравнение ее с таковой ныне действующих предприятий.

18. Основные технико-экономические показатели.

19. Календарный план строительства и оборудования с указанием срока пуска предприятия.

Все расчеты по техническому проекту сводятся в ведомости соответствующих форм. На основании этих ведомостей составляются сводные ведомости на оборудование и на рабочую силу, на материалы, а также всевозможные строительные и сметные ведомости, формы которых произвольно просты и не требуют специальных объяснений.

Технический проект рассматривается и утверждается высшими государственными учреждениями. Третьей и последней стадией проектирования является рабочий проект. Здесь выполняются детальные чертежи всех строительных конструкций, фундаментов и монтажные чертежи всего оборудования. В рабочем проекте разрабатывается детально организация строительных и монтажных работ. Рабочий проект утверждения не требует.

Ниже приводится (табл. 18) опись оборудования трамвайных мастерских, определение которого произведено указанным выше способом. Для мастерских среднего трамвая в 160—180 вагонов, из коих моторных 100—110 единиц и прицепных 60—70 единиц.

5. Оборудование помещения для ремонта вагонов кузовного и тележечного отделений и отделения ремонта моторов

Помещение для ремонта вагонов, включающее кузовное, тележечное и моторное отделения — является основным цехом вагоноремонтных мастерских. При стационарном методе ремонта необходимо,

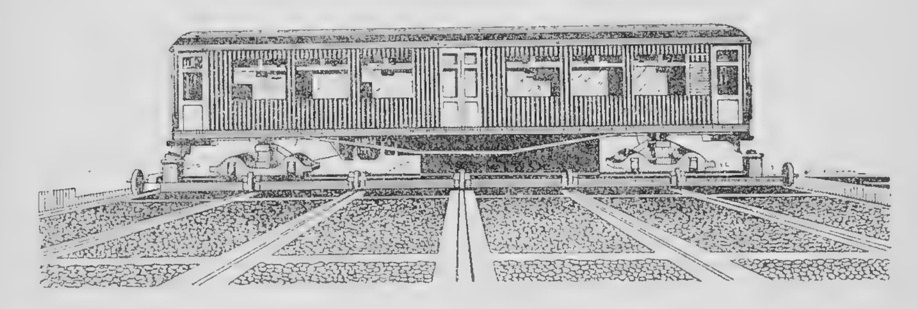


Рис. 203. Перекатная платформа.

чтобы каждое рабочее место кузовного и тележечного отделений было совершенно самостоятельно в смысле возможности подачи на него вагона и уборки его после ремонта. Это может быть осуществлено

Таблица 18

Цех	Наименование станка или механизма	Характеристика станка	Потребн. время в станко-час	Станко-час. в год одного станка в одну смену	Колич. станков	Ориент. мощ. мот. в лош. сил.	Ориентир. потребная площадь пола в *мм*²
Механический	Токар.-винторез.	155×750	6500	1890	3	1,8	2000× 700
	» »	180×1000	3600	1890	2	1,8	2300× 835
	» »	225×1500	1600	1890	1	4	3000×1150
	» »	250×3000	600	1890	1	5	4700×1500
	Унив.-фрезерный	900×300××400	570	1890	1	3	2800×2700
	Поп.-строгат. . .	наиб. ход резца 500	1400	1890	1	3,5	1900×1200
	Долбежный . . .	наиб. ход долб. 200	300	1890	1	2,5	2100×1125
	Болторезный . .	от $1/2$ до $1^1/_2$″	500	1890	1	1,5	1630× 680
	Сверлильный . .	до 40 *мм*	700	1890	1	1,5	1380× 590
	»	до 13 *мм*	400	1890	1	0,5	800× 460
	Станок для кругов мокрой точки	до 400 *мм*	—	—	1	4	970×765
	Песчаное точило	—	—	—	1	0,5	900×750
Арм.-слесарный	Верстаки с тисками	паралл. тиски	15400	1890	8	—	24 *м*²
	Ручные ножницы с дыропробивн. прессом	до $1/4$″	—	—	1	—	1 *м*²
	Ножевка приводн.	1,5″	—	—	1	—	1200×1500
	Плита разметочн.	—	—	—	1	—	1200×1000
Полускатный	Колесно-токарн.	600×2500	1800	1890	1	30	6700×3700
	Гидравл. пресс для насадки колес	до 200 *атм.*	—	—	1	10	5000×1500
	Нагреват. бандажей	однофазн. 220 *в*	—	—	1	40	1500×1200
Элсвар.	Сварочные тр-ры	Ст-2 220 *в*	—	—	2	14	—
	Плита	1500×1000	2700	1890	1	—	1500×1000
Рессорный	Ролики для изгиба рессорных полос	—	100	1890	1	1	1000×1000
	Печь для закалки рессор . .	—	1600	1890	1	—	3000×1300
	Горн	одноогневой	900	1890	1	—	1500×1500
	Пресс для испытания рессор .	до 28 *мм*	600	1890	1	1	1000×800
	Вентилятор . .	Шиле 3″	—	—	1	3	800×500
	Наковальня . . .	—	—	—	1	—	800×600

Цех	Наименование станка или механизма	Характеристика станка	Потребн. время в станко-час	Станко-час. в год одного станка в одну смену	Колич. станков	Ориент. мощ. мот. в лош. сил.	Ориентир. потребная площадь пола в *мм*²
Литейный	Печь для плавки алюминия и баббита	—	—	—	1	—	1200×850
	Верстак	4000×1500	—	—	1	—	4000×1500
	Медно-плавильн. тигельн. печь .	—	—	—	1	—	2000×1500
	Вентилятор . . .	Шиле 2″	—	—	1	2	700×500
Компрессорный	Компрессор с баками и аппаратурой	Тип «Бордикс» Р-7 *атм.* Произв. 3,75 *л*³	—	—	1	30	9 *м*³
Кузнечный	Горн	Одноогневой	6500	1890	3	—	4 *м*²
	Молот «Беше» . .	Р-30 *кг*	—	—	1	2,5	1700×700
	Молот «Беше» . .	Р-75 *кг*	—	—	1	8,3	1900×750
	Наковальни . . .	—	—	—	4	—	800×600
	Муфельная закалочная печь .	—	—	—	1	—	700×700
	Вентилятор . .	Шиле 2″	—	—	1	2	700×500
Клепальный	Плита	2000×1500	} 3400	1890	1	—	2000×1500
	Плита	1500×1000			1		1500×1000
	Ножницы для дыропробивн. пресс.	16—26 *мм*	600	1890	1	5	2500×1250
	Листоправильн. станок	100 *мм* длина 1500 *мм*	150	1890	1	5	3000×1000
	Горн	Одноогневой	—	—	1	—	1500×1500
	Эл. нагреватель заклепок . . .	—	—	—	1	6	800×800
	Сверлильн. станок	До 28 *мм*	—	—	1	1	1000×800
	Вентилятор . . .	Шиле 2″	—	—	1	2	800×500
	Верстак	—	—	—	1	—	1000×800
Деревообделочный	Фрезерный по дер.	700×700	1500	1980	1	2,5	850×1250
	Продольно-сверлил. и долбежный	40—150 *мм*	160	1890	1	1,5	800×1350
	Универсально-выверочн. и строгально-фуговоч.	Шир. 400 *мм*	280	1890	1	1,4	800×2000

Цех	Наименование станка или механизма	Характеристика станка	Потребн. время в станко-час	Станко-час. в год одного станка в одну смену	Колич. станков	Ориент. мощ. мот. в лош. сил.	Ориентир. потребная площадь пола в $мм^2$
Деревообделочный	Рейсмусовый . .	Ширина 400 *мм*	4500	1890	2	4	1100×1300
	Токарный по дереву	150×1000	1000	—	1	1	780×1700
	Ленточная пила .	Шкив 600 *мм*	1000	—	1	5	900×1100
	Циркульная пила	600 *мм*	2300	—	1	3	800×1300
	Станок для точки пил	900 *мм*	—	—	1	1	650×1100
	Песчаное точило	500 *мм*	—	—	1	0,5	750×400
	Верстаки столяр.	—	4700	—	3	—	1000×1500
Камера для рол. подшипников	Стол для сушки подшипников .	Решетчатый	—	—	1	—	1200×1000
	Верстак	—	—	—	1	—	2000×1000
	Ванна	—	—	—	2	—	600×400
	Станок для намотки катушек	—	1000	—	1	3,5	1500×1000
	Станок для намотки якорей .	—	2300	—	2	—	1200×1200
	Станок для намотки секций .	—	—	—	1	1,5	1300×900
	Станок для изоляции секции	—	—	—	1	1,5	1200×2200
	Станок для обмотки старой проволоки . .	—	—	—	1	1,5	1000×1500
	Пресс для коллект.	—	1800	—	1	—	500×500
	Верстаки	Разные	11800	—	6	—	1000×2000
	Печь для сушки якорей и катушек	—	—	—	1	—	1500×2000
	Испытательная площадка . .	По спецификации	—	—	—	—	5000×3500
Электрический	Ножницы для резки пресшпана	—	—	—	1	—	500×500
	Ванна для лаков	—	—	—	1	—	700×1000
	Пирамида для якорей	—	—	—	2	—	1000×1500
	Ножницы для резки пресшпана .	—	—	—	—	1	500×500
	Ванна для лаков	—	—	—	1		700×1000
	Пирамида для якорей	—	—	—	—	2	1000×1500

Цех	Наименование станка или механизма	Характеристика станка	Потребн. время в станко-час	Станко-час. в год одного станка в одну смену	Колич. станков	Ориент. мощ. мот. в лош. сил.	Ориентир. потребная площадь пола в $мм^2$
Электрич. Моторн. отдел	Станки для контрол. валов . .	—	—	—	—	2	1000×1500
	Станок для выемки якорей из моторов . .	—	—	—	—	1	3000×1000
	Стеллажи для моторов	—	—	—	—	2	1500×1500
	Установка для испытания моторов под нагрузкой	По спецификации	—	—	1	50	4000×2000
	Верстак	—	—	—	—	1	1500×1000
Малярный	Краскотерки . .	Среднее	—	—	2	1,5	2000×1000
	Верстак	—	—	—	—	1	1000×1000
Отд. очистки песком	Пескоструйный аппарат	Бак 800 *мм*	—	—	—	1	1500×1500

пропуском вдоль всего кузовного и тележечного отделений специальной низкой перекатной платформы, двигающейся в выемке, специально для этого сделанной, по нескольким рельсам и несущей на себе отрезок рельсового пути перпендикулярно своему направлению движения, на который устанавливается вагон или тележка вагона при подаче их на требуемое место. На рис. 203 представлен общий вид такой платформы с находящимся на ней вагоном.

Рама платформы (рис. 204) собрана из швеллера № 20 и при помощи 12 подшипников подвешена на 6 бегунках. Одна часть платформы занята под путь, который укладывается из желобчатых рельсов («Феникс») на специально для этого проложенных продольных швеллерах.

Другая часть платформы занята механизмом, передвигающим платформу. Ввиду необходимости создать большой начальный вращающий момент, применяется сериесный мотор трамвайного типа. Мотор через две пары шестерен вращает вал, на котором находится кулачковая муфта. Эта муфта сцепляется по желанию или с шестерней, приводящей в движение большую шестерню и ведущую ось платформы, или с шестернями катушки для наката вагона на платформу. На валу якоря мотора при помощи муфты укреплен тормоз-

ный барабан, привод к которому тянется к месту управления платформой, где находятся: контроллер для пуска мотора, рукоятка кулачковой муфты и рукоятка тормоза. На платформе настилается деревянный пол. Все механизмы закрываются предохранительными

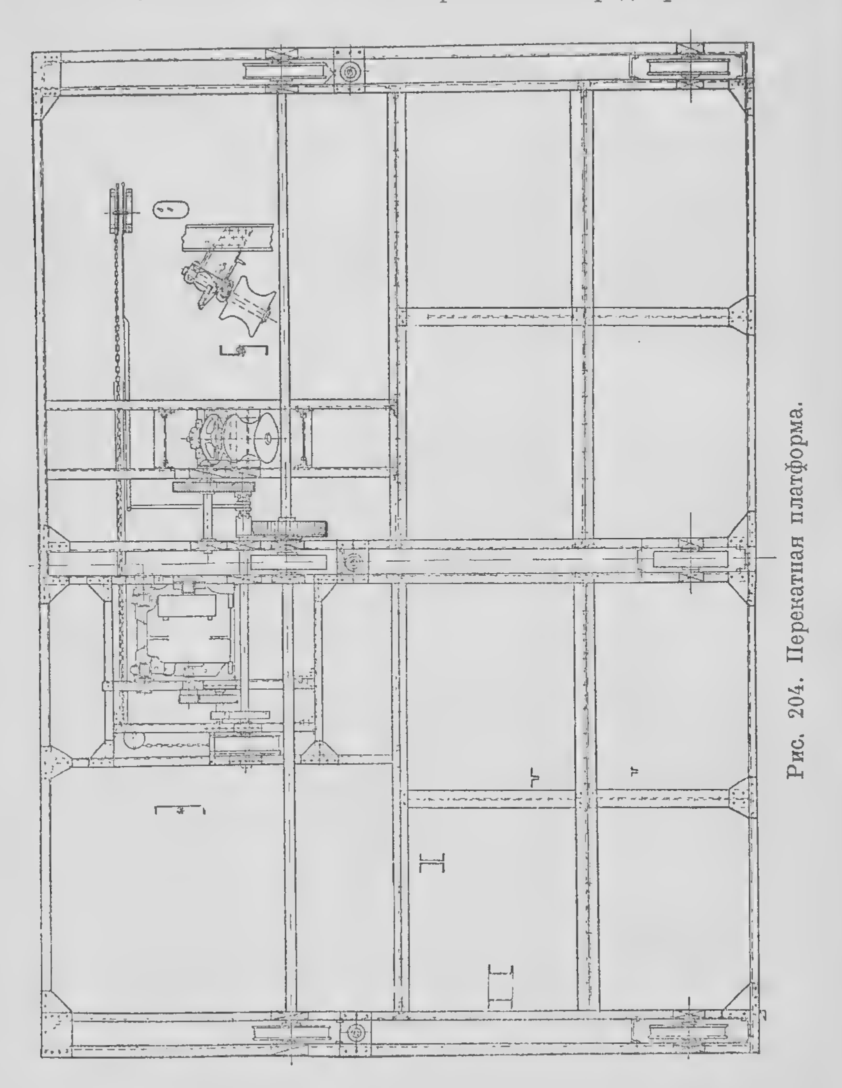


Рис. 204. Перекатная платформа.

кожухами. Для установки платформы вдоль вагоноремонтного цеха выкапывается яма глубиной 0,9 *м* (рис. 204а).

Пол ямы утрамбовывается и устилается песком, на который на шпалах укладывается три линии рельсов. Затем пол бетонируется. Рельсы, уложенные в выемке перекатной платформы, электрически соединяются с рельсовым путем, ведущим с улицы в мастерскую.

Грузоподъемность платформы 15 m, мощность мотора—30—35 *квт*; длина платформы по ширине выемки — 8 *м*, вес платформы — около 6500 *кг*. Такие платформы, применяемые многими трамваями, вполне оправдали свое назначение.

К положительным качествам перекатной платформы следует отнести отсутствие при ней специального веера путей для установки вагонов на ремонтные пути, занимающего большую площадь вне помещения при развитых мастерских.

Отрицательной стороной применения перекатной платформы является то, что ею занимается значительная площадь внутри помещения мастерских. Площадь, занимаемая платформой, оказывается малоиспользованной. Наличие выемки в полу под платформой также создает известные неудобства. Так, для объезда этой выемки внутренним транспортом приходится вокруг платформы делать специальные панели, что также увеличивает малоиспользуемую площадь и удорожает строительство.

Более совершенной перестановку вагонов с пути на путь следует признать при помощи мостового крана. К достоинствам применения

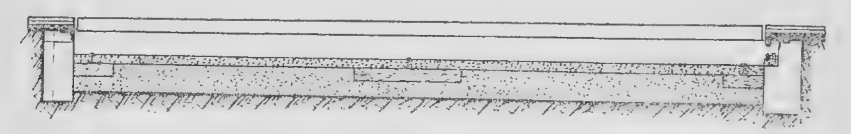


Рис. 204а.

мостового крана для данных целей следует отнести еще и то, что им одновременно можно производить подъемку и опускание вагона для выкатки и подкатки под него тележек. Мостовой кран удобен тем, что он не занимает особой площади и не лишает возможности пользоваться полом для транспорта в то время, когда он бездействует.

Рассмотрение подъемных кранов следует ниже.

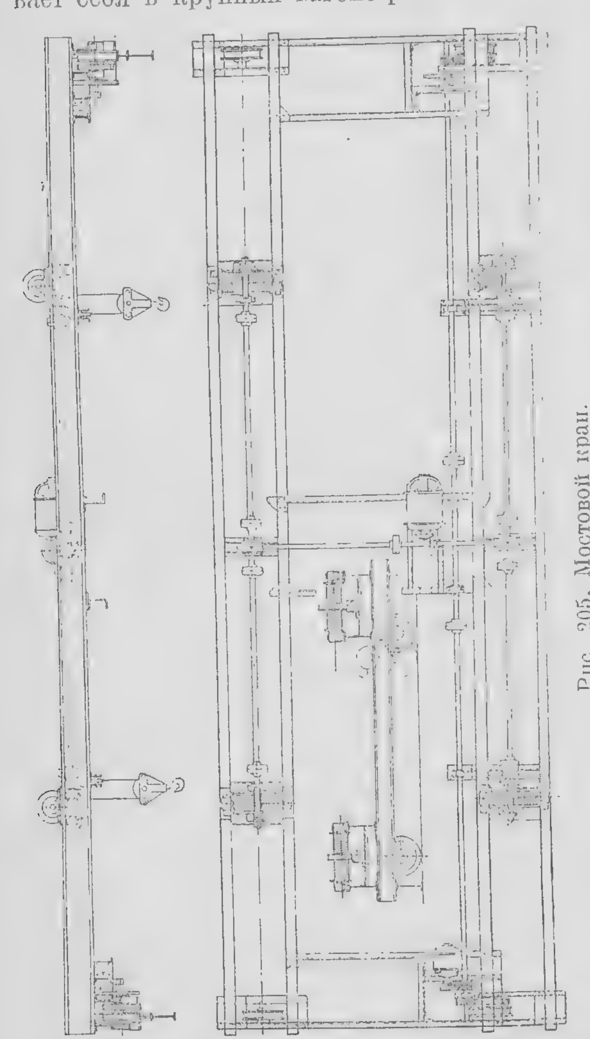
По технологическому процессу ремонта вагона кузов требуется разобщить от тележки, для чего нужно поднятие кузова. Существует несколько способов поднятия кузовов в вагоно-ремонтных мастерских: 1) домкратами «Беккера» с приводом от руки, 2) домкратами «Беккера» с приводом от электромотора, 3) электроподъемниками стационарного типа, 4) мостовыми кранами.

Первый способ является наиболее упрощенным и применяется в небольших мастерских небольших трамвайных предприятий. Кузов поднимается домкратами, затем под него устанавливаются козлы или тумбы и домкраты убираются. Этот способ подъемки кузова требует единовременной работы 4 рабочих, страдает громоздкостью, неудобством и трудностью работы для рабочих, крайне медленно поднимает вагон, требует перемещения тяжелых домкратов с места на место.

Некоторые трамвайные предприятия пытаются механизировать подъемку домкратами «Беккера» путем приспособления к ним при-

вода от электромотора. Это, конечно, облегчает труд рабочего, однако, требует еще больше хлопот и времени для перемещения домкратов и для сборки и установки каждый раз привода от электромотора после перемещения.

Подъемка кузовов мостовыми кранами практикуется и оправдывает себя в крупных вагоно-ремонтных мастерских больших трамваев. При этом способе вагон загоняется целиком на свое место в кузовном отделении, кузов поднимается краном, тележка выкатывается и кузов опускается на специальные опоры.


Рис. 205. Мостовой кран.

На рис. 205 приведен мостовой кран пролетом 10,5 *м* на 6 *т*, для мастерских среднего трамвайного предприятия, предназначенный также для подъема кузовов. Здесь 4 барабана, на которые наматываются тросы, укреплены на балках крана.

Для подъема кузова требуется точно подогнать вагон под кран. Управление краном осуществляется дистанционно — вне его. Такие мостовые краны стоят дорого и для мастерских с небольшим количеством ремонтов устанавливать их едва ли необходимо и даже целесообразно.

Для рассматриваемых нами мастерских среднего трамвая при наличии перекатной платформы целесообразно остановиться на подъемке кузовов электроподъемником стационарного типа, на котором производятся подъемка и спуск кузовов всех вагонов с применением легких тележек для откатки кузовов на место ремонта в кузовное отделение. Этот подъемник и предусмотрен в кузовном отделении мастерских.

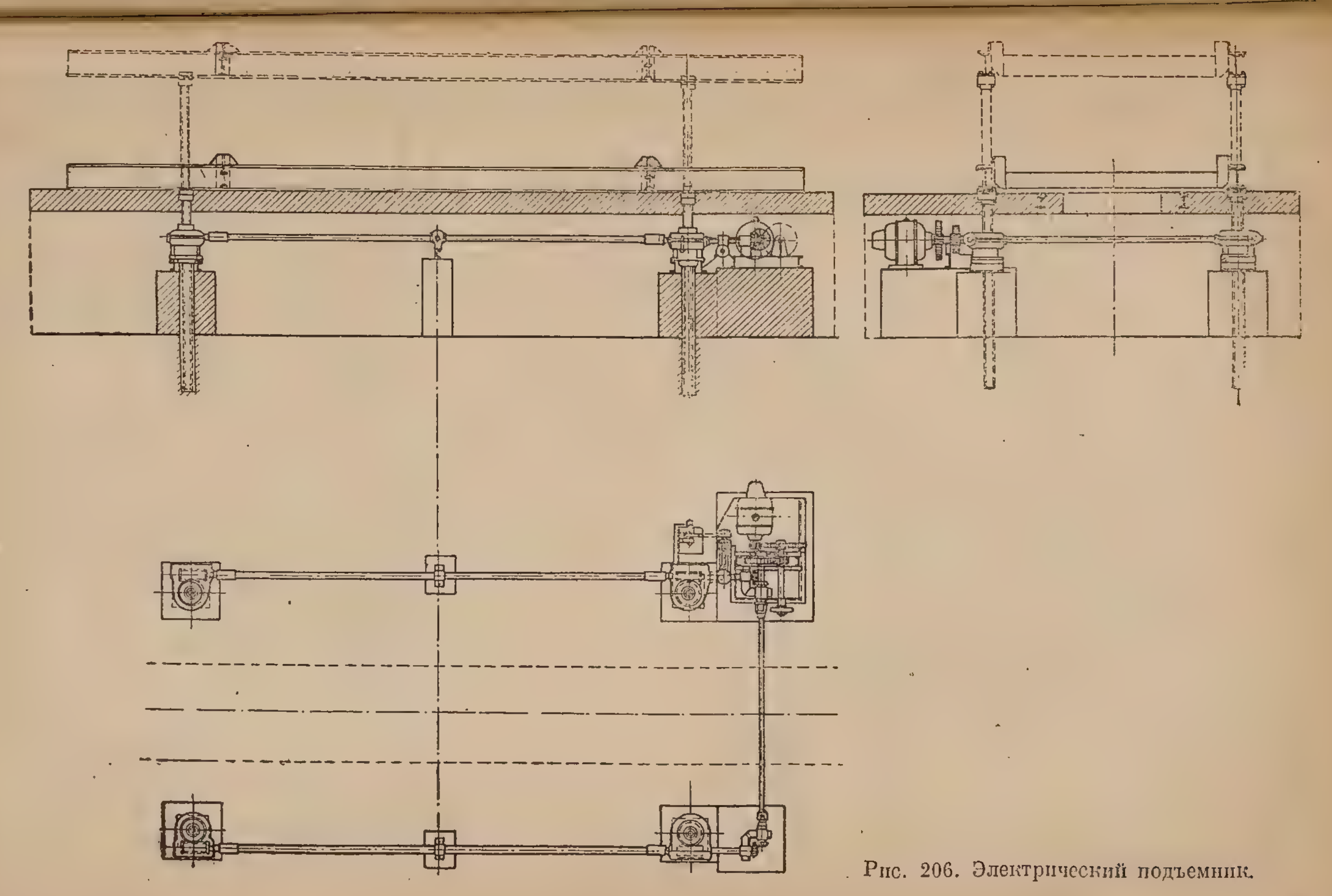
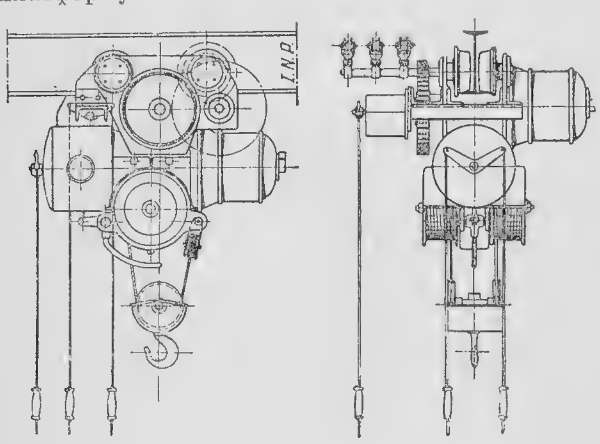


Рис. 206. Электрический подъемник.

Электроподъемник кузовов (рис. 206) представляет собой четыре установленных на определенном месте винтовых домкрата, приводимых в действие одним электромотором. Выдвигающиеся вверх стержни несут на себе 2 балки, поднимающие кузов вагона. В опущенном состоянии балки уходят в пол, создавая ровную поверхность без всяких выступов или впадин.

Грузоподъемность подъемника 10 *т*. Подъем кузова происходит в течение 3—4 минут на высоту 1,2 *м*. Подъемник может поднимать кузовы разных типов вагонов, разной ширины и длины.

Над тележечным отделением и отделением для ремонта моторов (размещенными в последовательном порядке в одном здании), необходимо также устройство подъемника для подъема тележек при выкатке колесных пар, съемки моторов с тележек, подачи тележек на платформу пескоочистительной камеры, подачи колесных пар в колесно-токарный цех и пр. В некоторых мастерских для этой цели над местами для ремонта тележек устанавливается двутавровая балка с двигающимся по ней тельфером (электроталь).


Рис. 207. Тельфер.

Тельферы изготовляются с подъемом груза от электромотора. Передвижение по балке бывает или от руки или также от электромотора (рис. 207). Тельферы изготовляются грузоподъемностью от 0,25 до 7,5 *т*. Скорость подъема от 2,3 до 10 *м* в минуту при мощности мотора от 1 до 6 *л. с*. Высота подъема от 6 до 20 *м*.

Перемещение тельфера по балке со скоростью 26—22 *м* в минуту. При мощности мотора от 1 до 3,5 *л. с*. Вес тельфера от 250 *кг* (грузоподъемностью в 0,25 *т*) до 920 *кг* (грузоподъемностью в 7,5 *т*).

Такой способ обслуживания тележечного и моторного отделений неудобен, так как позволяет обслужить только небольшую узкую полосу, приходящуюся непосредственно под подъемником, в то время как здесь требуется, чтобы подъемник мог обслужить любое место помещения. Поэтому гораздо удобнее предусмотреть устройство мостового крана с одной перемещающейся по нему тележкой с крюком.

Грузоподъемность крана должна быть не менее 3 *т*. Скорость подъема груза краном 3—4 *м* в минуту. Скорость перемещения моста 25—30 *м* в минуту. Подъем груза и перемещение моста должны осуществляться от электромоторов. Перемещение тележки по мосту

может происходить вручную. Управление краном возможно сделать снизу.

Каждое рабочее место тележечного отделения обводится на полу белыми полосами, так чтобы внутри образованного четыреугольника находились все части и инструмент одной тележки и не разбрасывались вне этой площадки.

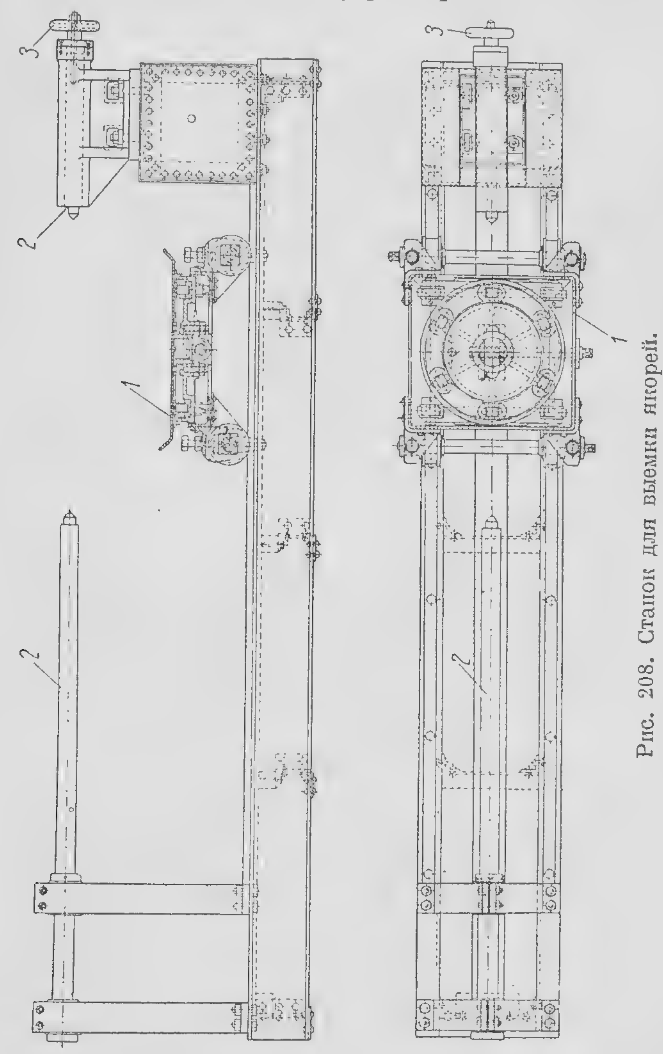


Рис. 208. Станок для выемки якорей.

Моторное отделение, служащее для ремонта тяговых моторов, располагается в том же помещении, где и тележечное отделение. Сюда мотор, снятый с тележки, поступает для ремонта. Для этого он должен быть разобран. Прежде всего из мотора должен быть вынут якорь. Выемка якоря в некоторых мастерских производится

при помощи двух труб, надевающихся на концы якоря. С одной стороны труба подвешивается блоком и с другой стороны рабочие, взявшись за трубу, выдвигают якорь из мотора.

Однако, такой способ вынимания якоря небезопасен для якоря, так как может повлечь за собой порчу его обмотки и кроме того он тяжел и не удобен.

Более удобным является применение специального станка для выемки якорей из цельнокорпусных моторов (рис. 208). Мотор устанавливается на каретку станка *1*, имеющую движение вдоль станка. Верхняя платформа каретки может передвигаться поперек станка, вращаться вокруг вертикальной оси и подниматься вверх. Все эти операции производятся вручную специальными рычагами. У установленного мостовым краном на каретку станкомотора сначала отвертываются и снимаются передний и задний буковые щиты. Малая шестерня должна быть снята предварительно. После снятия щитов мотор на каретке поднимается и приводится в такое положение, когда его ось совпадает с осью шпинделей станка *2*. Тогда якорь зажимается в центрах маховичком *3*. После этого корпус мотора кареткой сдвигают влево, освобождая якорь, который мостовым краном поднимается со станка и передается на ремонт в электрический цех. Станок исключает повреждения якоря.

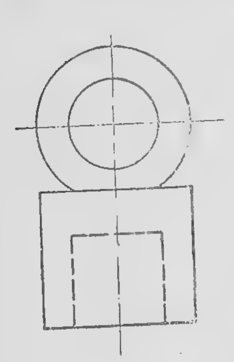


Рис. 209. Гайка Рэма.

Некоторые тяговые моторы, у которых вентилятор находится со стороны шестерни, позволяют произвести выемку якоря из корпуса очень просто и удобно. В этом случае сначала снимается малая шестерня, отвертываются и снимаются упорные шайбы роликовых подшипников и буксовые щиты, и мотор повертывается своей осью (якоря) в вертикальное положение. На парезку хвостовика якорного вала завертывается специальная гайка с кольцом (рис. 209), за которое зацепляется крюк крана, и подъемом последнего якорь совершенно безболезненно и быстро вынимается из мотора.

Корпус мотора также, сдвигая каретку в прежнее положение, снимается со станка и мостовым краном передается на стеллаж для съемки катушек щеткодержателей и ремонта.

Стеллажи представляют собой обыкновенные деревянные квадратные тумбы площадью 1,5 × 1,5 *м* и высотой 0,8 *м*. При сборке мотора якорь теми же способами устанавливается в корпус мотора.

После полной сборки мотора он должен быть испытан под нагрузкой. Для этого тут же в моторном отделении располагается установка для испытания моторов. Испытание моторов производят попарно, устанавливая их на общую плиту и соединяя муфтой их валы. Один из моторов заставляют работать от сети трамвая, как мотор, а другой как генератор, грузя последний на сеть трамвая или на водяной реостат, или по методу обратной работы заставляют работать на свой спаренный мотор.

На рис. 210 дана схема установки с поглощением мощности в жидкостном реостате, а на рис. 211 — схема установки с отдачей мощности в сеть трамвая. На схеме рис. 211 имеется специальная мотор-генераторная группа, которая служит для уравнения напряжения сети и генератора G. Установка дает возможность производить испытание моторов, давая нагрузку и перегрузку моторам в определенном размере в течение определенного времени.

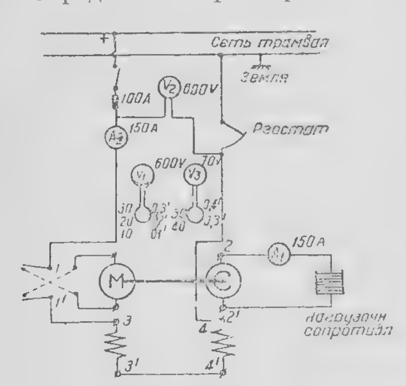


Рис. 210. Схема испытания двигателей.

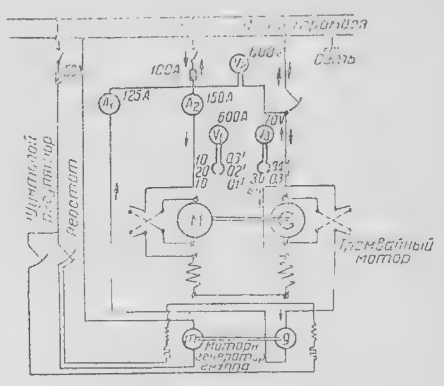


Рис. 211. Схема испытания двигателей.

Таким образом в моторном отделении размещаются:

1) станок для выемки якорей из цельнокорпусных моторов,
2) стеллажи для ремонта моторов,
3) верстаки для слесарных работ,
4) установка для испытания моторов под нагрузкой.

Расстояние между оборудованием должно позволять проезд электрокары и совершенно свободную работу персонала.

6. Оборудование механического, арматурно-слесарного и инструментального цехов

Оборудование механического, слесарного и инструментального цехов трамвайных мастерских не представляет собой ничего специфического. Станки должны быть расставлены с соблюдением имеющихся общеизвестных правил охраны труда, с соблюдением разрывов между станками, освещенности цеха, ограждения приводных ремней и пр.

В механическом цехе среднего трамвайного предприятия с инвентарем вагонов в 160—180 единиц, согласно практическим соображениям, должно быть размещено следующее оборудование:

1.	Токарно-винторезные станки	155 × 750 *мм*	3 шт.
2.	» » »	180 × 1000 »	2 »
3.	» » »	225 × 1500 » . . .	1 »
4.	» » »	250 × 3000 »	1 »
5.	Универсально-фрезерн. разм.	250 × 3000 »	1 »
6.	Поперечно-строгальный с наиб. ходом резца	500 *мм*	1 »

7. Долбежный станок с ходом долбежа 200 *мм* . . . . 1 шт.
8. Болторезный станок для дыр от $1/_4''$ до $1^1/_2''$ . . . 1 »
9. Сверлильный станок для дыр до 40 *мм* . . . . . . 1 »
10. » » » » » 13'' » . . . . . . 1 »
11. Станок для мокрой точки . . . . 1 »
12. Песчаное точило . . . . 1 »

Небольшие токарные станки служат для изготовления мелких деталей вагонов: валиков, роликов, втулок и т. д.

Средние токарные станки — для проточки коллекторов, колец и пр. Крупный токарный станок с расстоянием между центрами 3000 *мм* необходим для обработки вагонных осей.

Фрезерный станок необходим для различных фрезерных работ.

Строгальный станок для прострожки шпонок, параллелей и др.

На рис. 212 указан один из возможных вариантов размещения этих станков в цеху. Токарные станки сгруппированы вместе; тяжелые станки имеют свободный доступ к ним. Станки, которыми более всего пользуются и другие цехи (точила сверлильные) установлены ближе к входу.

Между станками имеется достаточный проход. К каждому станку возможен подъезд электрокары с материалами. Имеется полная возможность организовать доступные для электрокар места складывания в ожидании отвозки готовых изделий и места складывания у станка подвезенного полуфабриката или материала. Над всеми станками возможно подвесить к потолку монорельс с тельфером в виде четырехугольного контура. При этом тельфер сможет обслужить любой станок.

Оборудование слесарно-арматурного цеха состоит из:

1) ручных ножниц для листового железа с дыропробивным прессом;

2) приводной ножевки;

3) разметочной плиты и

4) верстаков с тисками.

В инструментальном цехе установлены верстаки с тисками и сверлильный станок.

7. Оборудование деревообделочного цеха

Размещение оборудования деревообделочного цеха для рассматриваемых вагоно-ремонтных мастерских показано на рис. 213. В цехе размещается следующее оборудование:

Ленточная пила . . . . 1 шт.
Циркульная пила . . . . 1 »
Продольно-сверлильный и долбежный станок . . . . . 1 »
Токарный по дереву . . . . 1 »
Фрезерный » » . . . . 1 »
Строгально-рейсмусовые . . . . 2 »
Универсально-выверочные и строгально-фуговочный . . 1 »
Точильные станки . . . . 2 »
Верстаки столярные . . . . 4 »

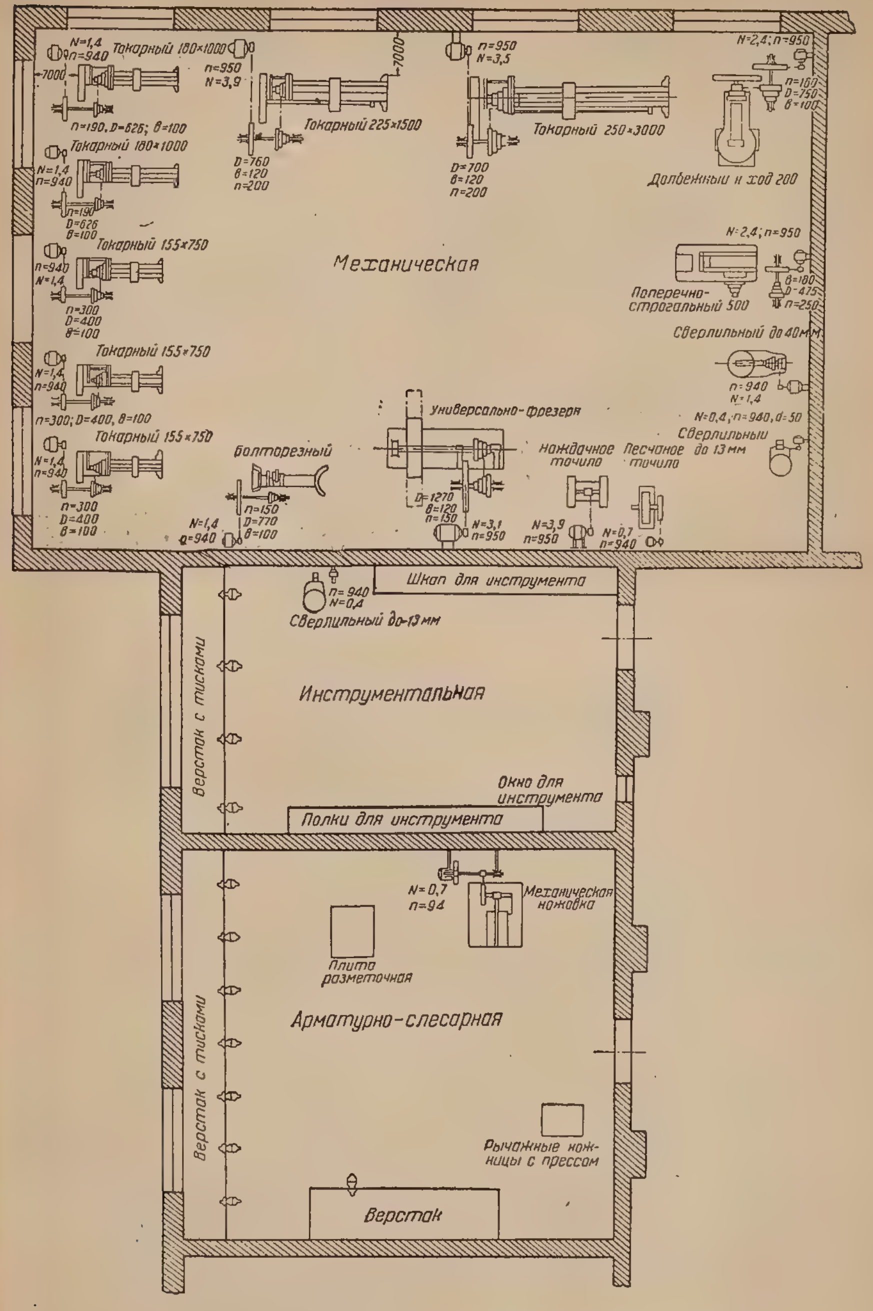


Рис. 212. Размещение оборудования в мастерских.

Станки расположены так, чтобы было возможно через них пропускать доску до 6 *м* длиной. В первой части оставлены места для склада лесоматериалов и столярных заготовок.

Станки имеют индивидуальные приводы от моторов посредством ремней. Строгально-рейсмусовые станки, ввиду наличия на них двух шкивов, имеют еще контрпривод, который вместе с мотором огражден со всех сторон.

Ограждения сделаны также вокруг универсально-выверочного станка и циркульной пилы.

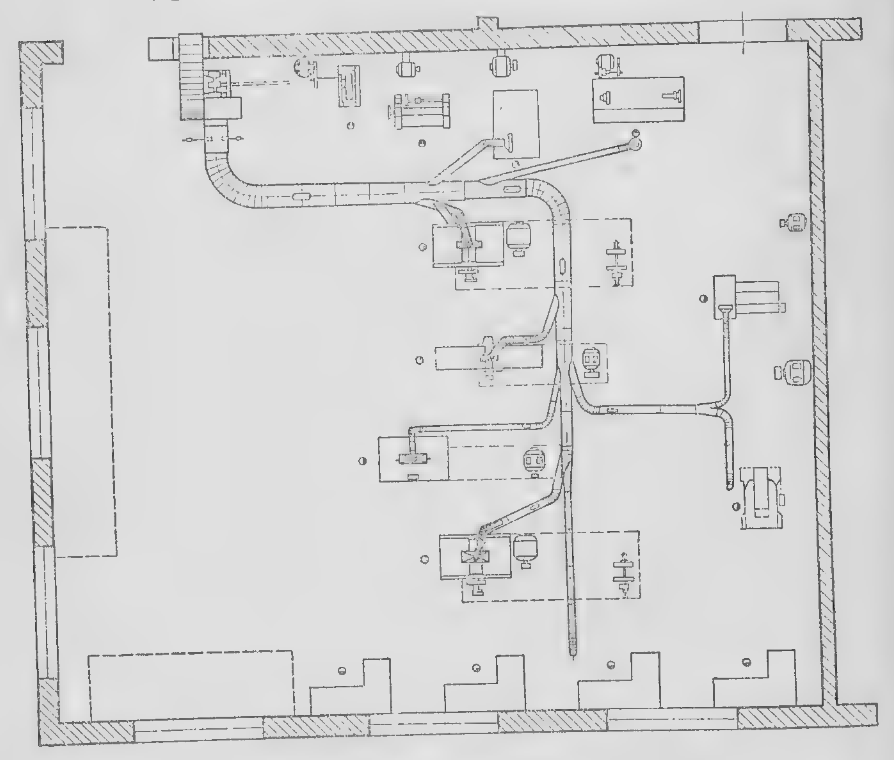


Рис. 213. Оборудование деревообделочного цеха.

Для облегчения движения доски при прохождении ее через станок устанавливаются специальные ролики.

Деревообделочный цех должен иметь установку для автоматического удаления древесной пыли и стружек. Установки эти состоят из эксгаустера, трубопровода, располагающегося под полом или подвешенного вверху к потолку с ответвлениями (рукавами) к станкам и верстакам, и циклона, куда подаются стружки и где они оседают до момента их вывоза. Циклон располагается во дворе возле цеха.

Стружки отделяются в циклоне от засасываемого воздуха, который удаляется через верхнее отверстие, тогда как стружки ссыпа-

ются вниз в подставленную специальную тележку под нижним отверстием циклона.

Трубопровод предполагается проложенным в кирпичных или бетонных каналах под полом, перекрытых железными рифлеными плитами.

Непосредственно перед эксгаустером для улавливания случайных твердых предметов ставится специальный уловитель, служащий для предупреждения попадания посторонних твердых тел в колеса эксгаустера. При попадании тяжелого предмета в уловитель последний автоматически раскрывается и выбрасывает предмет наружу.

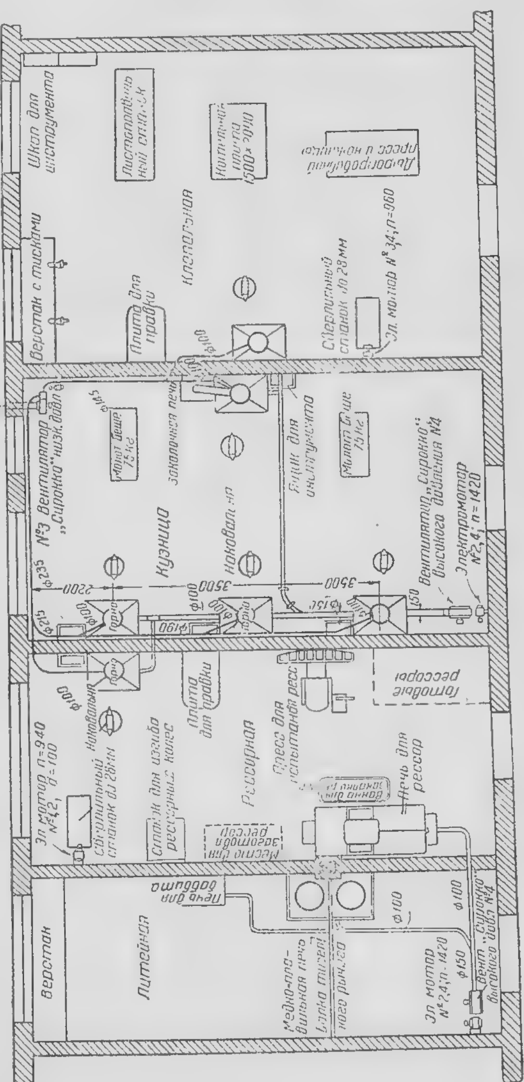


Рис. 214. Оборудование горячих цехов.

8. Оборудование горячих цехов: кузнечного, клепального, рессорного и литейного

Размещение оборудования горячих цехов показано на рис. 214.

Литейный цех служит для плавки алюминия, баббита и меди, и поэтому оборудование цеха состоит из печи для плавки баббита и алюминия и тигельной печи для плавки меди.

Печь для плавки баббита и алюминия изображена на рис. 215 и представляет собой обычную работающую углем печь с вмазанным котлом для плавки металла. При отсутствии баббитовых подшипников эта печь служит только для плавки алюминия. При плавке баббита требуется внимательно следить за температурой нагрева: баббит не должен быть нагрет более 480°. При заливке подшипников

он в то же время не должен иметь температуру ниже 460°. Имеются специальные тигли-печи, разработанные О-вом «Вестингауз», где температура автоматически регулируется помощью термостата малень-

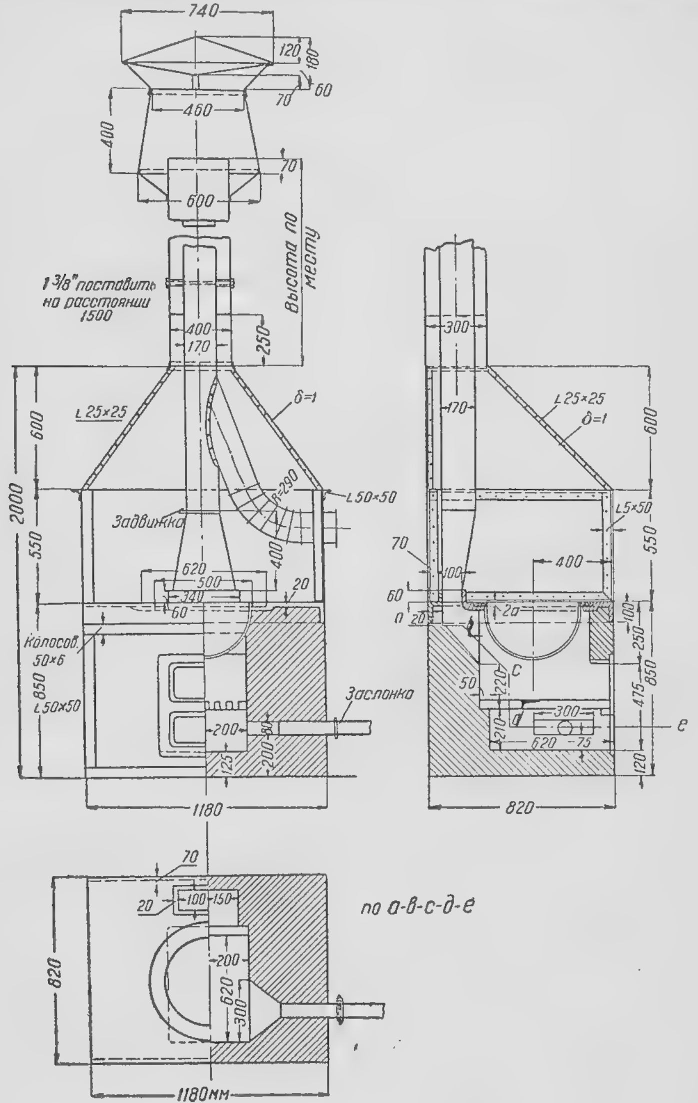


Рис. 215. Печь для плавки баббита.

кого мотора, включающего и выключающего рубильник электрических нагревательных приборов.

Плавка меди производится в тигельной печи обычного типа (рис. 216). Рычаг для выемки тигля из печи установлен на поперечной балке, заделанной в стены над печью.

В рессорном цехе устанавливаются:

1) печь для нагревания рессор с ванной для закалки;

2) пресс для испытания рессор;

3) сверлильный станок для просверливания дыр в рессорных хомутах;

4) станок для изгиба рессорных полос (вальцы);

5) горно для изготовления рессорных хомутов с наковальней;

6) плита чугунная для правки.

Печь для нагревания рессор, работающая на жидком топливе (нефть), изображена на рис. 217. Температура в рабочем пространстве печи—до 900°. Дымоход для печи и вентилятор для подачи воздуха — общие с медноплавильной печью литейного цеха. Часовой расход топлива—около 13 *кг*, часовой расход воздуха — 145 $м^3$.

Пресс для испытания рессор дает возможность давать по крайней мере двойную нагрузку на рессору. В нормальной работе рессора несет приходящуюся на нее нагрузку от веса вагона и веса пассажиров. Испытывается рессора на двойную нагрузку (примерно 10—15 тыс. *кг*).

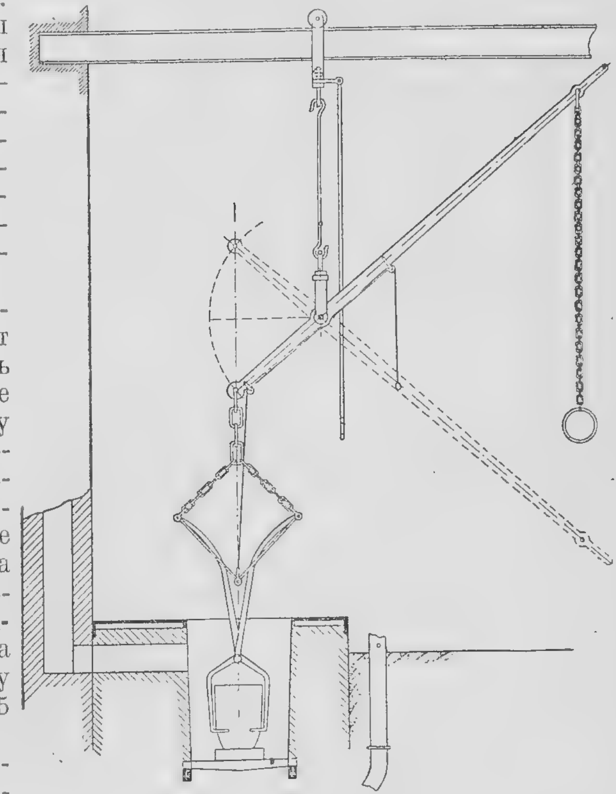


Рис. 216. Тигельный рычаг.

На прессе должно быть установлено приспособление, определяющее остаточную деформацию рессоры после испытания ее прессом. Эта деформация не должна быть более 3% при испытании рессоры давлением, вызывающим напряжение в 60 $кг/мм^3$ в листах рессоры.

Листы рессоры должны плотно прилегать друг к другу и хомут — плотно обжимать листы и не давать при ударах следов сдвига. Ушки для рессорных валиков должны быть такие, чтобы зазор после установки валика был не более 1 *мм*.

В кузнечном цехе устанавливаются четыре одноогневых горна и два молота типа «Беше»: один с весом падающей бабы 30 *кг* и другой — 75 *кг*. Молоты имеют собственные электромоторы, приводящие в действие компрессоры молотов, вырабатывающие сжатый воздух. Трубы воздухопровода к горнам уложены в полу. Один общий вентилятор типа «Сирокко» № 4 высокого давления подает воздух ко всем 4 горнам кузницы и к горнам рессорного и клепального цехов. Каждый горн оканчивается вверху колпаком «Шапара».

Для усиления тяги в зонты горна подведено дутье от специального вентилятора «Сирокко» № 3 низкого давления. Трубопровод этого вентилятора расположен вверху под потолком цеха. Один вентилятор обслуживает все горна горячих цехов.

В клепальном цехе установлены: 1) горн одноогневой с наковальней, 2) 2 плиты, 3) вальцы для правки листового железа, 4) приводные ножницы и дыропробивной пресс, 5) сверлильный станок для отверстий до 28 *мм*, 6) верстак с тисками, 7) шкаф для инструмента, 8) электрический нагреватель заклепок.

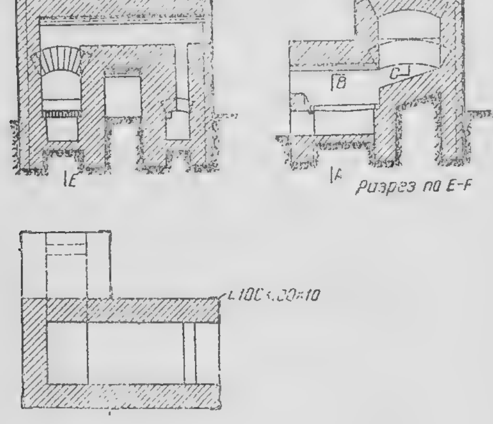


Рис. 217. Печь для закалки рессор.

Листоправные вальцы и ножницы с дыропробивным прессом имеют электромоторы, установленные непосредственно на станках. Все остальные электромоторы во всех горячих цехах устанавливаются на кронштейнах на стене.

Благодаря большим преимуществам, электрический нагреватель вытесняет все другие способы нагревания. К преимуществам этого аппарата относятся: 1) чистота и удобство работы, 2) удобный контроль нагрева, 3) постоянная готовность к работе, 4) экономичное потребление энергии.

Аппарат работает при напряжении электрического тока в 2—3 *в*, что совершенно безопасно для человека. Аппарат передвижной. Вес его 300 *кг*. В аппарате имеется однофазный трансформатор мощностью 15 *кв*. Нагревание заклепок осуществляется переменным током. Первичная обмотка однофазного трансформатора присоединяется к сети переменного тока. При трехфазной сети нагреватель включается между двумя фазными проводами или между фазным и нулевым проводом. Концы вторичной обмотки выведены к 2 электродам, между которыми и помещается нагреваемая заклепка, замыкающая вторичную обмотку трансформатора. Вторичная цепь разделена на 2 параллельных ветви и аппарат может одновременно нагревать 2 заклепки, независимо одну от другой. Электроды

управляются ножной педалью. Расход энергии не превосходит 50 *кв/ч* на 100 *кг* веса заклепок.

Производительность нагревателя можно принять в 180—150 заклепок в час диаметром 10—15 *мм*.

9. Оборудование электросварочного цеха

Электросварка находит себе обширное применение, с успехом заменяя спайку, клепку, кузнечную и ацетиленовую сварку. Аппараты для электросварки делятся на две группы, различающиеся по принципу действия:

1) электросварка по методу сопротивления,

2) электросварка вольтовой дугой.

Электросварка по методу сопротивления состоит в том, что свариваемые части приводятся в соприкосновение друг с другом и через поверхность соприкосновения пропускается ток, получаемый от вторичной обмотки низковольтного однофазного трансформатора.

Главная область применения аппаратов, работающих по методу сопротивления — массовое производство однородных металлических предметов. Существенными частями аппарата, работающего методом сопротивления, являются: однофазный трансформатор специального типа с первичной обмоткой, снабженной ответвлениями для регулировки тока, регулятор для регулирования напряжения на зажимах вторичной обмотки и ножной выключатель для включения и выключения тока при работе.

Аппараты для сварки методом сопротивления изготовляются в СССР следующих трех типов: 1) для сварки в стык, 2) для сварки точками, 3) для сварки непрерывным швом.

Дуговая сварка использует тепло, развиваемое вольтовой дугой.

Наибольшее применение имеет сварка металлическим электродом. В некоторых случаях применяется сварка угольным электродом. В качестве электрода берутся угольные стержни от 15 до 30 *мм* диаметром и от 300 до 400 *мм* длиной.

Сила тока при сварке угольным электродом от 200 до 500 *а* при напряжении 35—50 *в*.

Угольным электродом можно производить не только сварку, но и резку металла при силе тока от 300 до 600 *а* и выше. Резка дугой применяется только в тех случаях, где не требуется чистого разреза, например при разборке старых конструкций на лом и пр., так как разрез получается неправильный с неровными краями.

Для дуговой сварки применяются специальные электрические генераторы или трансформаторы, нечувствительные к коротким замыканиям и обладающие подходящей характеристикой. Для дуговой сварки может применяться постоянный и переменный ток. Постоянный ток дает лучшее качество работы.

Аппараты для сварки дугой постоянного тока изготовляются заводами СССР трех типов, технические данные коих приведены в табл. 19.

Таблица 19

Тип	Максимальн.				Электроды и их максим. диаметр	Мощность приводного двигателя	Вес генератора в *кг*
	Сила тока *a*		Рабочее напряж. вольт				
	При сварке	Продолжительн.					
СМГ-1	200	150	25	Холод. сварка	Проволочн. до 5 *мм*	6,8 *квт*	305
СМГ-2	310	250	40	То же и мелкая горячая сварка	Проволочн. до 6 *мм* Чугун. до 8 *мм* Угольн. до 15 *мм*	14,4 »	375
СМК-3	600	460	50	То же и крупная горячая сварка и резка	Угольн. и чугун. до 15 *мм* Угольн. до 30 *мм*	29 »	900

Эти типы генераторов дают возможность выполнять все электросварочные работы, встречающиеся на практике. Генераторы могут приводиться в действие от двигателя или ременной передачи или же монтируются на одной плите в мотор-генераторный агрегат. Генераторы могут обслуживать место работ в расстоянии за 50 *м* от генератора. На рис. 218 показан общий вид агрегата СМГ-1.

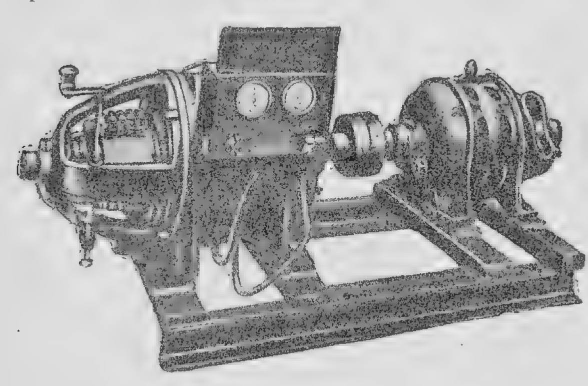


Рис. 218. Сварочный агрегат.

Аппараты для сварки дугой переменного тока. Наиболее распространенными аппаратами для сварки дугой переменного тока у нас являются аппараты типа СТ-2. Аппарат СТ-2 состоит из трансформатора, допускающего при прерывной работе нагрузку до 15 *квт* и отдельного регулятора (дроссельной катушки), служащего для плавного регулирования силы сварочного тока от 70 до 300 *а*.

Аппарат изготовляется на колесиках для передвижения и весит вместе с регулятором 180 *кг*. Трансформатор имеет два щитка: на одном находятся две клеммы для первичной обмотки, присоединяемой к сети переменного тока. Переключения выводов катушек первичной обмотки производятся установкой мостиков между соответствующими клеммами доски, расположенной внутри аппарата под крышкой.

Второй щиток имеет три клеммы. К этим клеммам присоединены концы вторичной обмотки. Клеммы *1—3* дают 68 *в* и *1—2* дают 55 *в*. Обычно работа ведется при соединении концов вторичной обмотки к клеммам *1* и *2*.

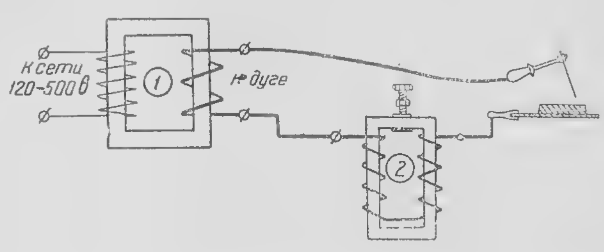


Рис. 219. Схема сварочного трансформатора.

Резка металла и прожигание дыр производятся стальным электродом с присоединением концов сварочных кабелей к клеммам *1* и *3*. Сварочная цепь (рис. 219) составляется из вторичной обмотки трансформатора, обмотки регулятора, сварочной плиты и электродержателя с электродом.

При сварке тяжелых изделий кабель присоединяется не к сварочной плите, а непосредственно к свариваемому предмету. Амперметр включен в сварочную цепь и показывает силу сварочного тока. При сварке необходимо регулировать силу тока при помощи регулятора. Отпустив крайние маховички регулятора, поворачивают средний маховик по часовой стрелке (для увеличения) или против часовой стрелки (для уменьшения силы тока), после чего вновь затягивают крайние маховички. Сила тока регулируется приблизительно в пределах (табл. 20).

Таблица 20

Толщина листа в *мм*	Диаметр электрода	Сила тока *а*
2—6	3	80—110
4—10	4	120—160
6 и выше	5	170—220
8 и выше	6	230—260

Точный выбор силы тока производится каждый раз по наблюдению за характером плавления электрода, размером кратера и характером валика наплавляемого металла.

При усиленной работе током до 250 *а* требуются перерывы для охлаждения обмоток трансформатора и регулятора.

Для получения устойчивой дуги при применении электродов, не обмазанных специальным составом, пользуются осцилятором. Осцилятор дает возможность кроме того понижать напряжение зажигания дуги, придавая ей устойчивость даже при малых силах тока. Устойчивость дуги достигается наложением на основной сварочный ток — тока высокой частоты и напряжения. Размеры осцилятора 350 × 270 × 390 *мм*. Вес 25 *кг*.

Потребляемая мощность 1000 вольтампер однофазного тока. Включается осцилятор в линию 220 *в* или непосредственно к зажимам трансформатора на 65 *в*.

Осцилятор состоит из трансформатора высокого напряжения, разрядника, колебательного контура.

В трамвайных вагоно-ремонтных мастерских электросварка применяется для сварки при ремонте лопнувших металлических деталей: 1) наварки реборд бандажей, 2) сварки тележек в местах трещин, 3) сварки железной конструкции кузова, 4) приварки кронштейнов и проч., 5) заварки разработавшихся отверстий в тягах, 6) рычагах, кронштейнах, 7) сварки тяг, рычагов, коромысел и пр.

Особое значение имеет электросварка для рельсового хозяйства трамвая — для наварки крестовин, стрелок, выбоин в рельсах на месте стыков и пр.

Для этих работ удобны мотор-генераторные передвижные установки с мотором постоянного тока 550—600 *в* для присоединения к трамвайной сети.

Электросварка совершенно вытесняет в вагоноремонтных мастерских ацетилено-кислородную сварку.

Ацетиленовая установка также нужна в трамвайных мастерских, но лишь как подсобная: для правки осей и валов и для резки металлов.

При выборе рода тока и аппаратов для электросварки рекомендуется пользоваться табл. 21.

Таблица 21

Характер работ	Метод сварки	Размер материала	Рекомендуемый тип машины
1. Массовые работы по ремонту и изготовлению изделий	Холодная сварка	Листовой материал до 15—20 *мм* толщиной	Генератор СМГ-1
	Холодная сварка	То же свыше 20 *мм* до любой толщины	Генератор СМГ-2
	Горячая сварка	Предметы весом до 100 *кг*	Генератор СМГ-2
	Горячая сварка	Предметы весом свыше 100 *кг*	Генератор СМК-3
2. Текущий ремонт оборудования предприятий, разнообразный по характеру и разбросанный по разным местам мастерских	Холодная сварка	Все размеры	Трансформатор СТ-2

Сварка переменным током аппаратами СТ-2, обладая универсальностью, позволяет в то же время проводить удачно и специфические в трамвайных вагоно-ремонтных мастерских работы.

Поэтому для мастерских средней величины, как и указывалось выше, возможно для оборудования электросварочного цеха выбрать два аппарата СТ-2 с соответствующей аппаратурой. При сильном развитии крупных работ по наваркам бандажей возможно рекомендовать установку аппарата СМГ-2.

10. Оборудование электрического цеха

В электрическом цехе производится ремонт якорей, магнитных катушек, щеткодержателей моторов, ремонт коллекторов, якорей, ремонт контроллеров, автоматов, рубильников, предохранительных коробок, шунтов, аппаратуры освещения и испытание отдельных частей электрооборудования. После разборки мотора в моторном отделении якорь доставляется в электрический цех, где и подвергается испытанию. Если якорь оказывается годным, то он кладется на специальную подставку-пирамиду, где и хранится до сборки мотора.

Неисправности якоря обычно бывают в следующих частях: 1) вал, 2) обмотка, 3) коллектор.

Если вал изношен, поврежден, согнут и т. п., то его необходимо выпрессовать из бобины. Обратная запрессовка нового вала делается на прессу под давлением 30—45 *т*. Припуск вала для такого давления должен быть 0,05 *мм*.

Если неисправность в обмотке (короткое замыкание витков в одной или нескольких секциях между собой или замыкание на корпус и т. п.), то якорь подается на специальный станок-подставку для ремонта якорей. Здесь поврежденное место изолируется, если это возможно, или же сменяется одна или несколько секций. В случае большого повреждения обмотки, ее перематывают.

Станок для ремонта якорей представляет собой две опоры, на которые кладется вал якоря и на которых он может вращаться от руки.

Якорные секции заготавливают предварительно в этом же цехе. Для экономии в расходовании медного провода (обычно марки ПБД) часто в мастерских трамвая используется старый провод, который получается после разборки обмотки поврежденного якоря. Этот провод предварительно обжигается, затем стыки его свариваются электросваркой (удобно аппаратом типа АС-3), после чего провод пропускается через специальный обмоточный станок, производящий двойную оплетку провода бумажной пряжей. Станок состоит из станины, рихтовального аппарата, производящего выправку провода, тянущего аппарата и двух обмоточных аппаратов, снабженных катушками с пряжей. Готовый обмотанный провод навивается на барабан. Намотку секций производят на шаблонах вручную или же на специальном станке. Станок для намотки секций имеет раздвижной шаблон, на который сперва наматывается провод, а затем он растягивается, образуя требуемую форму. Станок позволяет навивать секции разных размеров. Якорные секции после из-

готовления их на станке просушиваются в калориферной печи[1] при температуре 100—105° С в течение 3 часов. Если сушить в вакуумной печи, то времени требуется для просушки в два раза меньше. После просушки в горячем состоянии секция погружается (минуты на 3) в асфальтовый лак. После пропитки секция выдерживается на воздухе в течение 30 минут, а затем сушится в сушильной калориферной печи при той же температуре в течение 10 часов. Приготовленная таким способом секция требует еще обмотки изоляцией — специальной лентой.

Изоляция секции может также производиться или вручную или на специальном станке.

Станок этот состоит из кронштейна, внутри которого вращается кольцо с прорезом, несущее на себе вращающуюся катушку с лентой. Секция вводится в разрез кольца, после чего последнее приводится во вращение и обматывает одну сторону секции.

Одновременно при изоляции кладутся между витками прослойки из прессшпана или микапитовой бумаги.

После укладки секций в пазы бобины и пайки концов секций производится намотка проволочных бандажей на якорь, который удерживает секции в пазах при вращении якоря. До бандажирования желательно нагреть якорь до 75° и затем уже наложить временный бандаж для максимальной стяжки секций.

После наложения временных бандажей якорь подвергается первой пропитке в асфальтовом лаке. Для этого якорь просушивается при температуре в 115° С в течение 10 часов. После сушки измеряется сопротивление изоляции горячего якоря и оно не должно быть менее 2 мегомов. После этого якорь коллектором вверх погружается в ванну с лаком (лак не должен доходить до коллектора на 5 *мм*). Пропитка производится до полного прекращения выделения из якоря пузырьков воздуха (около 5 мин.). Пропитанный якорь кладется на специальную подставку в горизонтальном положении для стока излишнего лака. При этом якорь поворачивается медленно от руки. После стока лака якорь помещается в печь для сушки. Сушится якорь в данном случае в вертикальном положении коллектором вверх в течение 12 часов при температуре 115° С. Минимальное сопротивление якоря после сушки должно быть 1 мегом.

Якори некоторых тяговых двигателей (ПТ-35, ДТБ-60) подвергаются еще и вторичной пропитке с последующей сушкой. Процесс второй пропитки и сушки аналогичен первой пропитке.

Когда якорь после сушки остынет, временный бандаж снимается и ставится постоянный. Натяжение проволоки (при диаметре стальной проволоки около 1,5 *мм*) рекомендуется: средний бандаж—130 *кг*, бандаж на стороне коллектора — 155 *кг*, бандаж на стороне шестерни — 100 *кг*.

Бандажи сменяются через 1½—2 года даже без наличия признаков их ослабления.

---

[1] Все данные по сушке и пропитке трамвайных тяговых двигателей заимствованы из производственных предписаний и инструкций Московского завода «Динамо» им. С. М. Кирова.

После намотки и бандажирования якорь снова пропитывается лаком. Для этого он высушивается при температуре 115° С в течение 6 часов (сопротивление изоляции при этом должно быть не менее 1 мегома) и погружается в теплый асфальтовый лак коллектором вверх до тех пор, пока не прекратится выделение пузырьков воздуха. При этом лак также не должен доходить до петушков коллектора на 5 *мм*. Затем якорь вынимают из лака, дают стечь лаку и в вертикальном положении якорь поступает на специальной тележке в сушильную печь, где сушится в течение 18 часов при температуре в 115° С. Сопротивление изоляции после пропитки не должно быть менее 2 мегомов.

Сушка и пропитка якорей производится и после их ремонта. Печь для сушки секций катушек якорей возможно сделать в виде камеры с вкатывающейся в нее специальной тележкой на рельсах. В качестве обогревательных приборов делают сопротивления (для 600 *в* — $R = 15$ *ом*), через которые пропускают ток. Реостаты помещают внизу камеры под тележкой. Размеры камеры около $2 \times 1{,}5 \times 2$ *м*. Камера должна хорошо вентилироваться.

При повреждении коллектора якорь поступает на станок, где производится ремонт коллектора. В случае незначительного повреждения производится расчистка места прогара, проточка, смена бандажа и прокраска миканитного конца. В случае значительного повреждения коллектор сменяется.

При ремонте коллектора он разбирается; поврежденные пластины удаляются. После сборки коллектор затягивается. Затем он нагревается до 125° и ставится под пресс под давлением 20—30 *т* и вновь затягивается (под прессом).

После этого коллектор испытывается по отношению к корпусу напряжением 3—4 тыс. *в*, а между пластинами 500—600 *в* и напрессовывается на вал якоря. После забивки концов секций в петушки коллекторных пластин производится пайка коллектора оловом (половинник или чистый) при 180° С.

При пайке не следует употреблять реактивы, содержащие в себе вредные кислоты, так как они могут повредить якорь. Рекомендуется пользоваться реактивом, состоящим из смеси канифоли (400 *г*) и денатурированного спирта (100 *г*). Для пайки коллекторов употребляются также и специальные котлы. Якорь пропускается коллектором вниз в специальное кольцо, куда вгоняется по трубкам расплавленное олово из находящихся рядом котлов, затем после достижения требуемой высоты олово выгоняется обратно. Этот способ очень быстр и устраняет возможность повреждения якоря от нагревания коллектора перед его пайкой, но требует специального оборудования.

Коллектор продораживается специальным фрезом, которым выбираются миканитовые прокладки на глубину 0,5 *мм* по всей длине пластины. Готовый якорь необходимо выбалансировать, что делается добавлением кусков металла (грузов) в якорную шайбу.

Балансировка производится на специальном станке, состоящем из двух пар дисков, вращающихся на валах в роликовых подшипниках.

Магнитные катушки изготовляются (наматываются) на специальном станке-шаблоне, представляющем собой две стойки с вращающимся шаблоном и барабаном для провода. На шаблон с барабана наматывается провод, причем провод ложится рядами, создавая в конечном итоге соответствующей формы магнитную катушку. При намотке катушки под местами пересечения проводов при переходе к следующему ряду обмотки подкладывается киперная лента.

Чтобы полюсные катушки были влагонепроницаемы, их пропитывают под давлением специальной расплавленной массой — компаундом. Пропиточные компаунды представляют собой смесь битуминозных веществ (асфальтов), смол, минеральных и растительных масел. Компаунды должны обладать следующими основными свойствами:

1) хорошо заполнять все поры, устранять проникновение влаги и воздуха в изоляцию; не бояться влаги;

2) обладать хорошей теплопроводностью;

3) при затвердевании иметь прочную и эластичную поверхность без трещин и пузырей;

4) быть твердым при рабочих температурах машины;

5) иметь высокую температуру плавления — около 150° С и размягчения не ниже 90—100° С;

6) обладать хорошими диэлектрическими свойствами (электрическая прочность не ниже 30 *квт/см* при 20° С и 10 *квт/см* при 100—105° С в тонких слоях).

Процесс компаундирования полюсных катушек заключается в следующем.

Катушки покрываются временной хлопчатобумажной лентой. Затем они загружаются в автоклав (специальный бак с двумя стенками для нагревания паром). Здесь катушки сначала подвергаются предварительной сушке при температуре 130—150° С в течение двух часов без вакуума. Для сушки в рубашку автоклава впускается пар (давление его 6—7 *атм*). После предварительной сушки катушки подвергаются сушке под вакуумом (не меньше 700 *мм*) в течение двух часов до полного выделения конденсата. После этого в автоклав из специального бака-мешалки впускается хорошо перемешанная и подогретая до температуры 145—160° С компаундная масса.

Затем в автоклав подается от особого компрессора давление сжатым воздухом в 6 *атм*. Давление в автоклаве поддерживается в течение 6 часов, после чего массу из автоклава выпускают обратно в мешалку и катушкам дают отечь в течение часа. С еще неостывших катушек снимается временная лента.

Так как трамвайные двигатели по условиям своей работы находятся в неблагоприятных условиях и подвержены сильному действию влаги, то их полюсные катушки обычно подвергаются двухкратной компаундировке. Процесс вторичной компаундировки ничем не отличается от первой за исключением времени нахождения под давлением. Здесь давление выдерживается вместо 6 часов только 4 часа.

После ремонта и испытания якоря, катушек, щеткодержателей и пр. все части мотора поступают в моторное отделение, где и устанавливаются в вычищенном пескоструйным аппаратом корпусе мотора.

После сборки на якорный вал надевается малая шестерня. Надевают шестерню, предварительно нагрев ее в кипятке в течение 50 минут, вытирают досуха и легкими ударами насаживают на вал. Для снятия шестерен с якорей употребляются струбцины, которые винтом выжимают шестерню с вала. Малую шестерню с вала можно снять и специальным прессом «Пирлис», работающим маслом.

Ремонт автоматов, рубильников, предохранительных коробок, щеткодержателей, магнитных катушек и пр. производится слесарями на обыкновенных верстаках.

Для ремонта контроллеров желательны особые небольшие верстаки по размеру контроллера с возможностью производить работу со всех сторон. У верстаков для ремонта контроллеров ставятся специальные подставки для ремонта контроллерных валов. На этих подставках вал контроллера можно вращать и зажимать в любом положении. Подставка приспособлена для любой длины контроллерного вала (как главного, так и реверсивного).

Важной и обязательной частью оборудования электрического цеха является испытательная установка для испытания электрооборудования вагонов.

Испытанию должны подвергаться:

1) изоляция обмотки якоря и коллектора от корпуса;

2) изоляция катушек, токопроводящих частей контроллеров, автоматов и пр. от корпуса;

3) контроллеры, автоматы и рубильники на нагрузку максимальной допустимой силой тока с регулировкой автоматов;

4) обмотка якорей и катушек на короткое замыкание между витками обмотки.

Для испытания на пробой изоляции служит обыкновенный трансформатор, позволяющий повышать постепенно напряжение со 110 или 220 *в* до 3000—4000 *в*. Трансформатор установлен на колесах для передвижения по цеху и снабжен распределительным щитом.

Для испытания на нагрузку автоматов требуется источник постоянного тока до 400—450 *а* низкого напряжения с возможностью регулировки силы тока.

Для этой цели употребляются мотор-генераторные агрегаты с генератором постоянного тока низкого напряжения. Мотор-генераторная группа может быть установлена на общей раме на катках с распределительным щитом.

Агрегат имеет габариты: ширина 700 *мм*, длина 1500 *мм* и высота 1400 *мм*. Генератор дает постоянный ток 4 *в* 325—450 *а*. Мотор для трамвайной сети 600 *в* постоянного тока 3 *л. с.*

Для испытания обмотки якорей и катушек на короткое замыкание между витками употребляется специальный электромагнит. На рис. 220 представлено такое испытательное устройство для включения в цепь тока напряжением 220 *в* 50 периодов. Электромагнит

оканчивается двумя полюсными башмаками, устанавливающимися на якорь. В обмотку электромагнита пропускается ток. При наличии короткого виткового замыкания в обмотке якоря сила тока в обмотке электромагнита (первичной обмотке) превышает обычную величину, что фиксируется приборами на распределительном щите.

На рис. 221 полюсные башмаки заменены другим типом устройства для испытания магнитных катушек главных и добавочных. Электромагнит подвешен на рычаге с противовесом для удобства работы.

Иногда установка приспосабливается для определения замкнутого витка. Для этого (рис. 222) якорь устанавливается над электро-

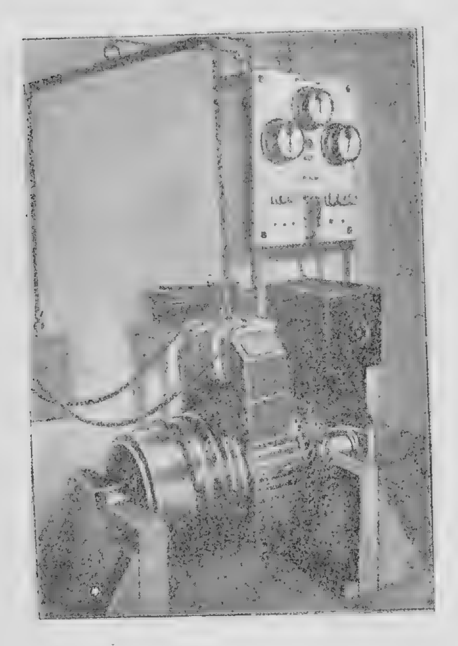


Рис. 220. Агрегат для испытания якорей моторов на короткое замыкание в обмотке.

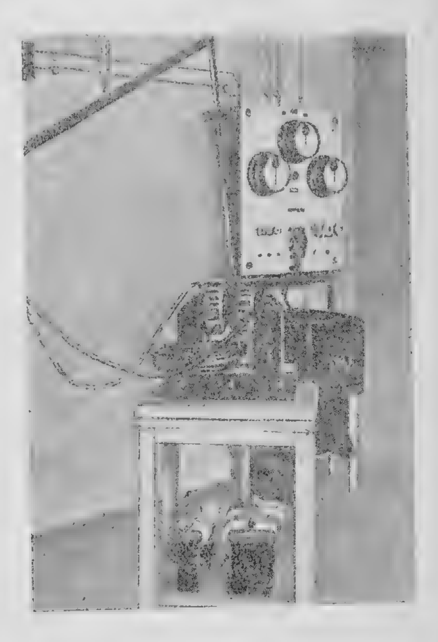


Рис. 221. Тот же агрегат, приспособленный для испытания катушек мотора на замыкание витков.

магнитом и может легко поворачиваться. При поворачивании якоря к отдельным пазам якоря приставляется индукционная катушка (JS), сообщающаяся с телефоном (T).

При наличии короткозамкнутой секции в катушке возбуждается ток, что в свою очередь создает при известном положении искателя шум в телефоне. Можно также проверить якорь на короткое замыкание в обмотке путем определения сопротивления обмотки, заключенной между двумя коллекторными ламелями. В обычной практике для этого через обмотку якоря пропускают ток достаточной силы и определяют милливольтметром падение напряжения между каждыми двумя ламелями. Отсутствие падения напряжения и малое паде-

ние между какими-либо двумя пластинами показывает на короткое замыкание.

Определение сопротивления якорей, катушек, контроллеров и прочих частей электрооборудования в условиях отсутствия испытательных стационарных установок может производиться специальным прибором омметром.

Примерное возможное размещение оборудования в электрическом цехе мастерских дано на рис. 223.

Испытательная установка расположена за барьером. Испытательная площадка делится на 3 раздела: испытание на высокое напряжение, на короткое замыкание, на нагрузку постоянным током. Доставка якорей, контроллеров и пр. на испытание производится мостовым краном, который движется вдоль всего цеха. Подкрановые балки ложатся на кронштейнах, укрепленных к стенам.

С одной стороны вдоль цеха в последовательном порядке расположены станки для обмотки и изоляции провода секций. Готовые секции поступают к станку для намотки и ремонта якорей. С другой стороны цеха расположены верстаки для ремонта аппаратуры контроллеров, автоматов, предохранительных коробок и пр.

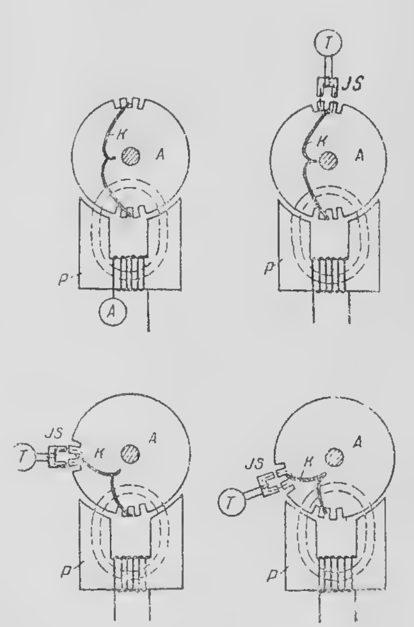


Рис. 222. Аппарат Сименс-Гальске.

Камера для сушки якорей и катушек и ванны с лаками выделены в специальное помещение, имеющее две двери — одну, ведущую к ваннам с лаками, и другую — в сушильную камеру. Сушильная камера имеет дверь в помещение с ваннами. Таким образом якорь или катушки, требующие пропитки и сушки, кладутся мостовым краном на тележку и закатываются в помещение с ваннами. Здесь настенным поворотным краном якорь опускается в ванну для пропитки. После пропитки якорь вынимается тем же краном и устанавливается на специальную сушильную тележку, которая закатывается по рельсам в камеру, двери закрываются и включаются нагревательные приборы. После просушки тележка с якорем выкатывается в другие двери сушильной камеры, прямо в цех, где якорь берется мостовым краном и передается к месту назначения.

Такое расположение ванн с лаками и сушильной камеры освобождает помещение всего цеха от жары и запаха лаков и в то же время сводит к минимуму перемещение якорей и катушек при мно-

гократной их пропитке и сушке. В то же время при хорошей вентиляции и плотных железных дверях из цеха в помещение с ваннами и сушильную камеру — соблюдаются противопожарные требования.

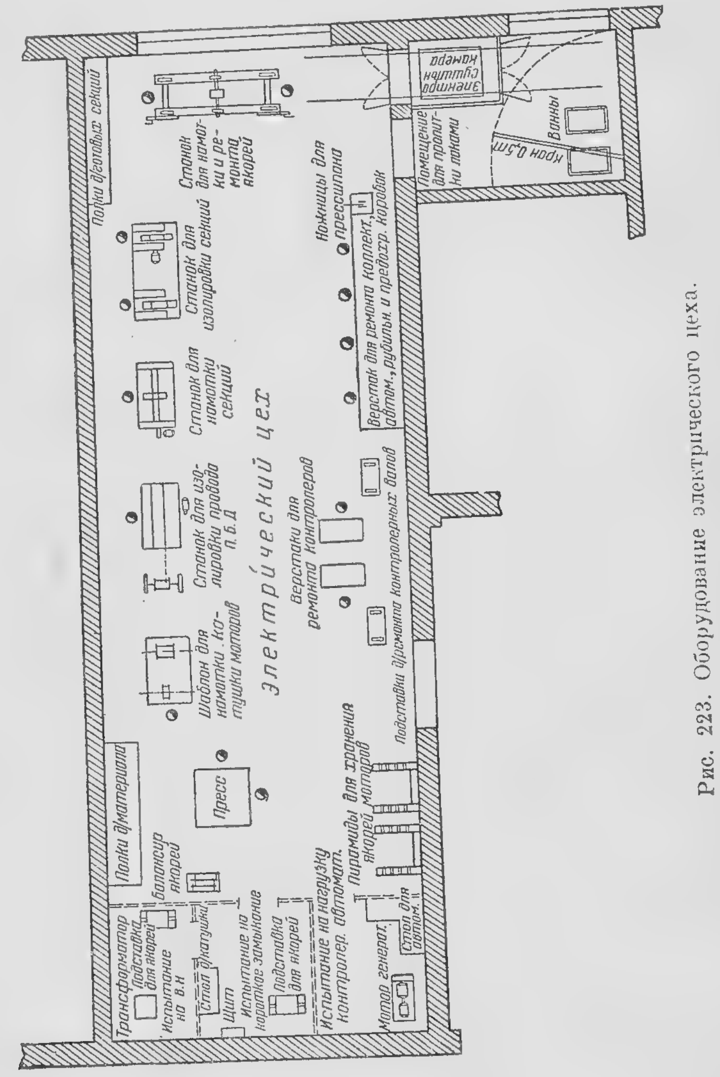


Рис. 223. Оборудование электрического цеха.

Устанавливаемый в электрическом цехе пресс должен быть вертикальным, развивающим давление до 50 *т*.

Дверь электрического цеха ведет непосредственно в моторное отделение, куда и доставляются из цеха якоря, катушки и пр. на электрокарах.

11. Компрессорная установка, трубопровод и применение сжатого воздуха в вагоно-ремонтных мастерских трамвая

Для получения сжатого воздуха в мастерских трамвая оборудуется компрессорная установка. Так как сжатый воздух в мастерских требуется для различных целей одновременно во многих местах, то рационально устраивать в специально отведенном помещении стационарную установку.

В качестве двигателя для приведения в действие компрессора удобнее всего применить электромотор, или непосредственно укрепленный на компрессоре с шестеренной передачей, или же соединенный с ним при помощи ремня.

В компрессорном помещении устанавливаются также резервуары для сжатого воздуха соответствующей емкости. Резервуары снабжаются манометрами, предохранительными клапанами и водоспускными кранами. От резервуаров отводится воздухопровод к регулятору, автоматически включающему в сеть электромотор компрессора при понижении давления в резервуаре и выключащему мотор при повышении давления сверх нормы.

Компрессор засасывает атмосферный воздух через пылеуловитель. Стационарные компрессоры достаточной для мастерских средней мощности производительности имеют обычно водяное охлаждение, осуществляющееся или проточной водой, или циркулирующей водой в замкнутой цепи. В этом случае должен иметься водонапорный бак и отходящая теплая вода должна охлаждаться в специальных воздушных охладителях. Устройство такой установки ничего специфичного в условиях трамвайных вагоно-ремонтных мастерских не имеет и выполняется как обычная фабрично-заводская компрессорная установка.

Сжатый воздух в вагоно-ремонтных мастерских трамвая может быть применен:

1) для поршневых цилиндрических подъемников,

2) для пневматических клепальных молотов и при работах при клепке остова кузова, тележек и пр.,

3) для пневматических чеканных и рубильных молотов,

4) для пистолетов механической окраски вагонов,

5) для пескоструйных аппаратов при очистке от грязи тележек, корпусов моторов, железной обшивки вагона перед окраской и пр.,

6) для пневматических сверлильных машин,

7) для сопел, продувающих моторы при ремонте,

8) для зарядки тормозов вагонов после их ремонта.

Количество этих потребителей сжатого воздуха может быть различное, но для расчета мощности, требующейся для компрессора, и расчета воздухопровода следует установить примерное количество аппаратов, работающих сжатым воздухом, находящихся одновременно в работе, и расход воздуха на каждый из них.

Производительность компрессора может быть определена следующим путем.

Предположим, что одновременно в работе в рассматриваемых мастерских будут находиться:

1) поршневых цилиндрических подъемников . . . . . . 2 шт.
2) клепальных молотов с поддержками . . . . 2 »
3) чеканных и рубильных молотов . . . . 1 »
4) рукавов для зарядки тормозов вагонов . . . . 1 »
5) пистолетов механической окраски . . . . 2 »
6) пескоструйных аппаратов . . . . 1 »
7) сопел для продувки моторов . . . . 1 »
8) сверлильных машин . . . . 1 »

Тогда расход свободного воздуха определится:

1. Для цилиндрических поршневых подъемников расход воздуха колеблется при высоте подъема 1500 *мм* от 0,086 до 0,530 $м^3$ на 1 подъем при изменении грузоподъемности от 500 до 3100 *кг* (по данным завода).

Если принять среднюю грузоподъемность в 1520 *кг*, то расход воздуха на 1 подъем одним подъемником будет 0,262 $м^3$.

Предположим, что каждый из 2 подъемников будет делать в минуту 1 подъем. Тогда расход воздуха на подъемник в минуту будет $0,262 \times 2 = 0,524$ $м^3$.

2. Для клепальных молотов с поддержками расход воздуха в минуту колеблется:

а) для молотов от 0,85 до 1,15 $м^3$ в зависимости от потребной мощности молота, определяемой диаметром заклепки от 13 до 32 *мм*;

б) на поддержку расход воздуха около 0,15 $м^3$. Если принять тип молота, потребного для заклепки, диаметром до 22 *мм*, то расход воздуха на 1 молот в минуту будет около 1 $м^3$. Расход воздуха на 2 молота с поддержками — 2,3 $м^3$.

3. Рубильные и чеканные молоты расходуют в 1 минуту от 0,55 до 0,65 $м^3$ свободного воздуха. Для молота, применяемого для чеканки и средней обрубки, можно принять расход воздуха 0,60 $м^3$ в минуту.

4. Пробу воздушных тормозов вагонов и зарядку их после ремонта в мастерских в расчет принимать не следует, так как они производиться будут не каждый час или минуту, а лишь при выпуске из ремонта вагона, т. е. раз в 1—2 дня в течение короткого промежутка времени.

5. Для пистолетов механической окраски расход воздуха 0,5 $м^3$ на 1 шт. и 1 $м^3$ на 2 шт.

6. Для пескоструйного аппарата нормального типа с емкостью 200 *кг* песка расход свободного воздуха колеблется от 0,8 до 2,25 $м^3$ в зависимости от давления в минуту.

7. Для сопла для продувки моторов можно считать расход в 0,5 $м^3$ в минуту.

8. Для сверлильных машин расход свободного воздуха в минуту определяется:

а) машины нормальные — от 0,92 до 2,6 $м^3$ в зависимости от диаметра просверливаемых дыр от 12,77 до 69,8 *мм*;

б) машины угловые — от 1,4 до 1,6 $м^3$.

Примем в работе машину № 1 для дыр до 50,8 *мм* (2″). Расход воздуха в минуту будет около 2 $м^3$.

Общий расход воздуха при работе одновременно всех указанных машин составит:

$$0{,}524+2{,}300+0{,}600+1{,}000+2{,}000+0{,}500+2{,}000=8{,}924=9\ м^3.$$

Учитывая, что совпадение одновременного расхода воздуха даже при одновременном нахождении в использовании всех агрегатов не может быть полное, и что обычно коэфициент одновременности пользования сжатым воздухом колеблется в пределах 0,3—0,4, введем в расчет коэфициент одновременности 0,35. Тогда расход воздуха будет:

$$9\cdot 0{,}35=3{,}15\ м^3/мин.$$

Положим на утечку в воздухопроводе 20%, тогда требуемая от компрессора производительность составит:

$$3{,}15\cdot 1{,}20=3{,}77\ м^3/мин.$$

В спецификации оборудования принят компрессор типа «Б Бородино» производительностью 3,75 $м^3/мин$ при рабочем давлении до 7 *атм*.

Поперечное сечение отходящей главной магистрали воздухопровода должно соответствовать сумме всех сечений одновременно работающих рукавов:

1. Подъемники	2 шт.	по	1/2″	— 252 $мм^2$
2. Клепальные молотки	2 »	»	3/4″	— 566 »
3. Поддержки	2 »	»	1/2″	— 252 »
4. Чеканные и рубильн. молоты .	1 »	»	1/2″	— 126 »
5. Испыт. тормозы	1 »	»	3/4″	— 283 »
6. Пистолеты для окраски	2 »	»	3/4″	— 566 »
7. Пескоструйные аппараты	1 »	»	1″	— 506 »
8. Сопло для продувки	1 »	»	5/8″	— 201 »
9. Сверлильная машина	1 »	»	5/8″	— 201 »

Сумма сечений составляет 2956 $мм^2$, чему соответствует диаметр трубы в 62 *мм*. Ближайший ходовой диаметр 63,5 *мм* (2½″).

Трубопровод рационально укладывать наверху по стенам здания под потолком. Во избежание застоя воды, трубопровод должен иметь вид ломаной линии, причем нижние точки перелома должны находиться в местах ответвлений от магистрали. Отводы имеют специальные тупики с кранами для спуска конденсата.

12. Очистка частей вагонов

Очистка частей вагонов от грязи, масла и пр. может производиться или вручную, или же более усовершенствованными способами: а) вываркой в горячей щелочной воде, б) пескоструйными аппаратами.

Очистка в щелочной ванне производится следующим образом.

В специально приспособленном, хорошо вентилированном помещении устраивают рядом две ванны, из коих одна должна подогреваться устроенной под ней печью, отапливаемой углем, дровами или нефтью. Над ваннами устанавливается подъемный кран для подъема и погружения в ванны тяжелых предметов. В одну из ванн наливают щелочную воду и подогревают ее до температуры кипения. В другой ванне находится холодная чистая вода. Требующие очистки предметы погружают в холодную воду для промывки. После промывки предмет или высушивается нормальным порядком, или вытирается насухо.

Ванны устраивают таких размеров, чтобы в них возможно было погружать целиком тележку вагона (без скатов). Щелочные ванны дают особо хорошие результаты при загрязнении тележек вагона угольной пылью. Этот способ довольно дорого обходится в эксплоатации и с его помощью возможно только очищать предметы от грязи.

Пескоструйные аппараты дают возможность очищать предметы от грязи, старой краски, окалины, придают поверхностям металла гладкий отполированный вид.

Для эксплоатации их требуется только песок и сжатый воздух.

Пескоструйные аппараты (рис. 224) представляют собой герметически закрывающийся резервуар, наполняемый через специальный люк сухим мелким просеянным песком. Внизу резервуар оканчивается кольцом, на которое одевается резиновый шланг с конечным соплом. К колену подводится сжатый воздух сверху и сбоку. Струя воздуха подхватывает песок и с силой выбрасывает его через шланг наружу, создавая струю мелкого песка. Верхняя рукоятка регулирует подачу песка помощью клапана. Кран регулирует подачу воздуха. Сжатый воздух подводится также через стержень внутри резервуара к песочному клапану, где, проходя через сопло, засасывает песок, увлекая его в нижнее колено.

Рис. 224. Разрез пескоструйного аппарата.

Так как в трамвайных мастерских требуется разнообразная работа пескоструйных аппаратов, начиная от матования стекол, очистки мелких предметов и кончая очисткой больших железных листов обшивки вагона от старой краски и целых тележек вагонов от грязи, то для этих работ должно быть предусмотрено устройство специального помещения. Тележка вагонов, после снятия с нее моторов в мо-

торном отделении, поднимается мостовым краном, из-под нее выкатываются колесные пары. Из помещения для очистки выкатывается по рельсам низкая платформа, на которую погружается тележка вагона и подается в очистку песком; тем же порядком тележка подается из очистки. На этой же платформе в очистку подаются все тяжелые предметы.

При работе аппарата все помещение наполняется мелкой песочной пылью и потому оно должно хорошо вентилироваться. Рабочие работают в помещении в специальных масках и рукавицах.

В помещении желательно оборудовать балку и тали для подъема и поворачивания тяжелых предметов для удобства очистки. Пол помещения делается с уклоном к средине наружной стены, где делается приемник для сметания грязного песка и грязи после работы. Приемник должен очищаться из люка с наружной стороны вне мастерской.

Изображенный на рис. 43 пескоструйный аппарат Ленинградского завода пневматических машин имеет 600 *мм* в диаметре и 1500 *мм* высоты. Емкость его около 200 *кг* песку. Зарядки песком хватает на 1 рабочий день (7—8 час.). Расход свободного воздуха от 0,8 до 2,25 *м*³/*мин* в зависимости от давления.

Для различных видов работ требуется различное давление воздуха, а именно:

матировка стекла	0,75—1,0 *атм*
очистка отливок из меди и чугуна	1,0 —1,5 »
очистка предметов от грязи, старой краски .	1,0 —1,5 »
очистка отливок из стали	3,5 —5,0 »

Вес аппарата около 185 *кг*.

13. Помещение для мойки вагонов

Каждый вагон перед поступлением на ремонт должен пройти мойку для очистки от пыли и грязи. Моечное помещение устраивается непосредственно за въездными воротами и служит как бы «приемником» для вагона.

В зависимости от емкости мастерских моечное помещение может быть оборудовано одним или несколькими путями. Помещение оборудовано таким образом, что путь уложен на эстакаде, и вагон, стоящий на мойке, находится на высоте 1,8—2 *м* над полом моечной, который на эту же высоту понижен против пола мастерской. Таким образом, вагон доступен для мытья со всех сторон. В образующуюся канаву имеются спуски при помощи лестниц. Мытье вагонов производится струей холодной воды из шлангов с наконечниками. Весь пол моечного помещения должен быть бетонный с уклоном для стока воды в канализацию. Сток воды оборудован масло- и грязеуловителем, который очищается после мойки вагона.

Стены, потолок, двери, рамы и пр. должны быть хорошо выкрашены масляной краской. Арматура электрического освещения — герметическая. Стены и потолок, кроме того, желательно оштукатурить церезитом или другим водонепроницаемым материалом.

Для сушки вагона после обмывки его можно подвести шланги с сжатым воздухом, струей которого можно ускорить процесс сушки вагона. Еще больший эффект в смысле ускорения просушки вагона будет, если устроить подогрев этого воздуха, пропуская его через специальный калорифер, чтобы струя воздуха была теплая и сухая.

14. Обслуживание роликовых букс и роликоподшипников. Инструмент и инструкция по обслуживанию

Одно из конструктивных улучшений в вагонах трамвая, введенное в последние годы, это роликовые буксы осей вагонов и роликовые или шариковые подшипники в моторах. Эти подшипники сокращают сопротивление движению вагона и расход энергии на вагон до 3—5%.

Рис. 225. Калибры и шаблоны для обработки шеек осей под буксы.

Подшипники требуют меньшего расхода смазки против обычных скользящих букс, причем эта смазка кладется раз в 6 месяцев и герметически закрывается. Таким образом, подшипники не требуют ежедневного ухода и добавления смазки.

Роликоподшипники в эксплоатации, при разборке, ремонте и сборке требуют промывки бензином, ввиду чего в целях противопожарной безопасности желательно для ремонта роликовых букс и роликоподшипников моторов выделить особую хорошо вентилирующуюся камеру. В эту камеру должны подаваться для ремонта буксы из разборочной и подшипники из моторного отделения. Оборудование камеры несложно и должно состоять из верстака для разборки и сборки подшипников, решетчатого стола с противнем внизу для просушки промытых подшипников и ванн для промывки.

Для правильной работы роликоподшипников должны быть особо тщательно обработаны цапфы осей. Цапфы должны шлифоваться наждачным кругом. Припуск на шлифовку 0,6—0,8 *мм*. Допуск в окончательно обработанном виде $\frac{+0,000}{-0,055}$ *мм* проверяется точным калибром.

Проточка колесных пар производится при снятых буксах.

Роликоподшипник цельнокорпусных моторов насаживается на вал якоря с помощью конусных втулок. Для снятия этих втулок

употребляется специальное кольцо, имеющее внутреннюю нарезку и наружные выемки для захвата кольца особым ключом. С помощью кольца и ключа втулка снимается с вала якоря и освобождает подшипник.

Уход, промывка, осмотр и смазка роликоподшипников моторов подобны тем же операциям с роликовыми подшипниками букс. На рис. 225 показаны калибры и шаблоны, употребляемые при работе по обработке шеек осей под роликовые буксы.

15. Оборудование малярного цеха. Механическая окраска вагонов

Оборудование малярного цеха для обычных способов окраски кистями не представляет ничего особенного. В малярной устанавливаются краскотерки (если краски приготовляются в мастерской), верстаки для смешения краски и принадлежностей окраски. Малярная должна хорошо вентилироваться и иметь температуру других цехов. Особо высокая температура нежелательна, так как при отвердении окраски в большей степени идет процесс соединения масла с кислородом воздуха нежели выпаривание влаги. Поэтому устраивать специальные сушильные камеры с значительно повышенной температурой не рекомендуется и усиленная сушка при высокой температуре может повести к растрескиванию слоя краски. При обычной окраске вагона кистями простой вагона в малярной составляет при хорошем качестве краски 8—10 дней.

Процесс окраски заключается в следующем: очищенные листы железа песком или протравой от старой краски после нашивки их на кузов вагона протираются скипидаром и грунтуются олифой. Затем производится шпаклевка вагона 2—3 раза с просушкой каждый раз каждого слоя шпаклевки и шлифовки пемзой. После шпаклевки вагон грунтуется масляной краской и вновь шлифуется пемзой с обилием воды. Окраска вагона производится три раза с шлифовкой каждого слоя окраски. После окраски вагон два раза лакируется.

В настоящее время вводится во многих мастерских механическая окраска вагонов воздушными кистями, что сокращает простой вагона в малярной до 3—4 дней, т. е. в 2—3 раза против простоя при обычной окраске кистями. Окраска воздушными кистями сильно снижает стоимость окраски вагона и затрату рабочей силы (до 25—30 чел.-часов). Особо развита окраска вагонов воздушными кистями в Германии (берлинские, лейпцигские мастерские и др.).

Применяющееся в Германии для обшивки вагонов железо холодной прокатки обладает столь ровной и гладкой поверхностью, что исключает необходимость шпаклевки перед окраской.

Применение быстросохнущих красок и лаков в Германии сокращает срок просушки каждого слоя окраски до 2 часов при температуре 20—25° С. Пользуются также вместо покрытия лаком вагона — окраской в последний раз эмалевой краской. Грунтуется вагон свинцовыми белилами, дающими хорошую стойкость всей окраски.

В Германии были опыты применять для механической окраски вагонов нитро-целлюлозные краски, обладающие способностью быстро сохнуть.

Однако, благодаря вредности для рабочих, опасности в пожарном отношении, непрочности окраски, эти краски широкого распространения пока не получили. Применение лаковых красок, эмали и быстросохнущих лаков дает возможность достичь почти той же быстроты сушки вагона, как и при целлюлозных красках.

При работе воздушными кистями, или как их можно еще назвать, пистолетами, сокращение времени на окраску, по опыту Лейпцига, составляет до 45 чел.-час. или на 85%. Грунтовка свинцовыми белилами делается обычными кистями, во избежание отравления маляров красочной пылью.

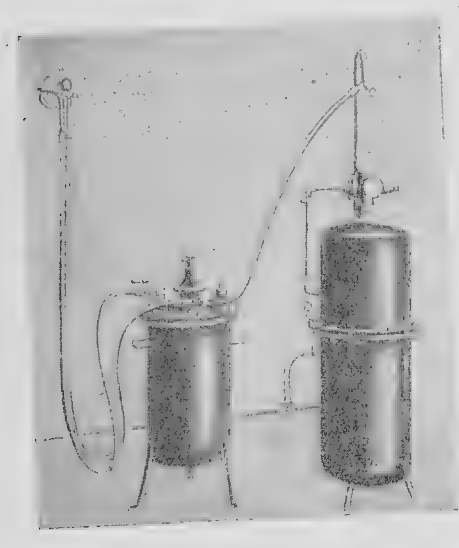


Рис. 226. Резервуар «Мета» для краски.

Воздушные кисти бывают:

1) с резервуаром, помещенным у пистолета,

2) с резервуаром, отделенным от пистолета.

В первом типе краска подается или самотеком (если резервуар сверху), или путем засасывания (если резервуар снизу); работает этот тип при давлении воздуха 2,5—3,5 *атм*. Во втором типе — краска подается к пистолету из особого, стоящего в стороне, большого резервуара, под давлением 0,5 *атм*. К аппарату подводятся два шланга— первый подает краску, а второй сжатый воздух при давлении 3—4 *атм*.

Этот вид воздушной кисти употребляется при окраске больших поверхностей, при отсутствии надобности в частой смене цвета краски. Он наиболее удобен для окраски наружных поверхностей вагонов.

На рис. 226 изображен прибор «Мета», представляющий собой резервуары для краски и шпаклевочной массы при работе воздушными кистями. Прибор включается при помощи шлангов между пистолетом и масловодоотделителем. От прибора могут работать одновременно несколько воздушных кистей.

Масловодоотделитель необходим для очистки сжатого воздуха, подающегося к пистолету, от воды, минерального масла и прочих примесей.

Определенное давление для подачи краски (0,5 *атм*) и для разбрызгивания ее достигается применением редукционных клапанов, устанавливаемых на резервуаре с краской. Сжатый воздух поступает от компрессорной установки. Фирма Крайцбергер в Германии изготавливает компатные комплектные передвижные установки, несущие на себе двигатель, компрессор, масловодоотделитель, редукционные клапаны, резервуар для окраски, шланг и пистолет.

Воздушные кисти имеют сменные наконечники для различных сортов материала для окраски. Ширина окрашиваемой полосы от 2 до 300 *мм.*

Чем меньше давление воздуха, разбрызгивающего краску, тем меньше получается в воздухе красочной пыли, вредно отражающейся на здоровье работающих на окраске.

Воздушные кисти, работающие при давлении 2,5—3,5 *атм*, требуют или специальных масок, или особых сложных устройств и дорогостоющих камер для окраски. Маски употребляются самых разнообразных типов. Однако, по опытным данным, совершенно закрытые маски неудобны в работе, вызывают потение, воспаление кожи от тока холодного воздуха и плохую видимость сквозь стекла. В хорошо вентилируемых специальных камерах для окраски можно работать без масок.

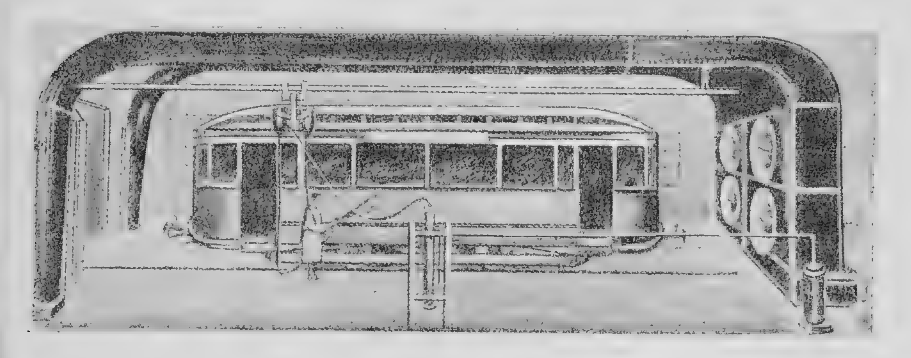


Рис. 227. Камера для окраски вагонов.

В лейпцигских трамвайных мастерских камера оборудована 4 эксгаустерами для отсасывания воздуха. Крылья эксгаустеров смываются водой, захватывающей красочную пыль из воздуха. Воздух, очищенный особыми фильтрами от воды, по обратным каналам вводится в камеру с противоположной стороны от эксгаустеров. Создаваемый горизонтальный ток воздуха увлекает частицы краски, взвешенные в воздухе.

На рис. 227 показана специальная камера для окраски вагонов. В этих камерах создается горизонтальный ток воздуха, увлекающего частицы краски. Подаваемый воздух подогревается и пропускается через фильтровальные ширмы, очищающие его от пыли. С другой стороны также установлены фильтры, задерживающие красочную пыль из воздуха.

Берлинский трамвай, отказавшись от окраски вагонов в специальных камерах, окрашивает их в обычном помещении малярной, применяя вместо воздушных кистей высокого давления аппараты низкого давления, создающие гораздо меньше красочной пыли в воздухе.

В этом аппарате рабочий несет на себе, на спине, небольшой электромоторчик $^1/_6$ *л. с.* с вентилятором, создающим давление воздуха в 0,5 *атм*. Вентилятор шлангом соединен с пистолетом. Мо-

тор включается в сеть с помощью подвешенных в разных местах штепселей. При этих аппаратах оказалось возможным защитить маляра от красочной пыли только с помощью респиратора, закрывающего рот и нос и имеющего два клапана — выдыхательный и вдыхательный.

Качество окраски аппаратами низкого давления несколько ниже, чем аппаратами высокого давления. Обычно администрация берлинского трамвая считает необязательным придавать особую гладкость окраске, а предпочитает более часто окрашивать вагон дешевым способом, поддерживая этим постоянную свежесть окраски.

Техника создала множество приборов автоматической окраски воздушными кистями.

Окраска воздушными кистями кроме вредности для здоровья рабочих имеет и другие недостатки и даже настолько существенные, что встает вопрос о целесообразности ее применения для малых и средних по величине трамвайных мастерских.

При окраске могут получаться пятна, рубцы как от попадания воды, так и от неумелого обращения с кистью. Краска и лаки должны быть хорошего качества, особо изготовленные, с определенным содержанием и качеством сушителя, смол, масла.

Кроме того, при воздушной окраске перерасход краски и лаков из-за рассеивания их в воздухе доходит до 30% против расхода при обычном методе окраски.

Поэтому воздушная окраска даже в практике работы больших трамвайных мастерских пока не нашла себе большого применения.

Для малых и средних трамваев экономия на рабочей силе едва ли окупит перерасход на красках, на амортизацию специального оборудования, на его содержание и др. расходы, связанные с окраской механическим способом.

Однако окраска воздушными кистями низкого давления при подсчете в каждом отдельном случае может оказаться выгодной для введения ее в мастерских среднего по величине трамвая.

16. Оборудование колесно-токарного цеха

Колесно-токарный цех служит для изготовления и ремонта колесных пар, проточки колесных центров, напрессовки их на ось, расточки бандажей, надевания их на колесные центры, обточки колесных пар по шаблону и полировки шеек. Изготовление осей производится в механическом цехе. Наварка реборд бандажей при их износе проводится в электросварочном цехе, но может быть организована и в колесно-токарном при наличии в нем места.

Работы по проточке колесных центров, колесных пар, расточке бандажей проводятся на колесно-токарных станках и на лобовых станках. При большом количестве расточек устанавливают карусельные станки. Напрессовка колесных центров на оси производится обычно горизонтальным гидравлическим прессом при давлении до 60 *т*. На этом же прессе производится опрессовка колесных центров с погнутых или лопнувших осей.

Обычно оси не ремонтируются. Они или выбрасываются после износа в лом, или ставятся на менее ответственную работу (напр. с моторных вагонов на прицепные). Срок службы оси определяется от 7 до 12 лет с пробегом от 800 до 1400 тыс. *км* (американская практика).

Однако этот срок может быть выдержан при нормальном состоянии пути, рессор и пр. Вагонные оси колесных пар при изготовлении и периодически во время срока службы должны подвергаться испытанию на отсутствие трещин. Испытание оси при снятых колесных центрах производится следующим образом: очищенная ось натирается маслом с графитом, насухо вытирается и покрывается маслом с белилами. Затем с двух концов в торцы шеек одновременно ударяют молотами. В местах трещин на белом поле белил выступают черные линии графита. Если ось несет на себе колесные центры, то вычищенные полускаты погружают в горячее масло и, вынув через 15—20 минут, насухо вытирают и покрывают белилами. Полускат ставят на подставку. В центре оси, так, чтобы колеса не касались пола, ударяют в торцы шеек молотами. Если есть трещины в оси, то от дрожания оси выступают зигзагом масла в месте трещины на поверхности белил. За границей испытывают также оси специальными гидравлическими прессами.

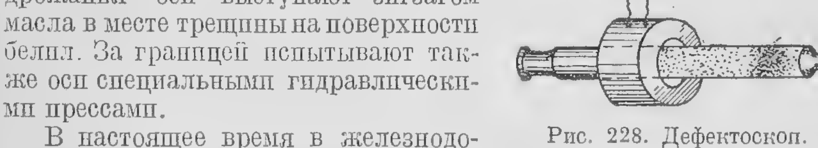


Рис. 228. Дефектоскоп.

В настоящее время в железнодорожных мастерских вводятся испытания осей прибором, называемым «дефектоскопом», путем пропуска через ось сильного магнитного потока и определения при помощи сильно чувствительного прибора изменения этого потока в отдельных местах оси, что указывает на наличие дефектов даже при невозможности определить их снаружи оси (рис. 228).

Выправка осей делается или в горячем состоянии, или в холодном. При выправке осей в горячем состоянии не рекомендуется нагревать ось выше 700° С, так как при этом ухудшается качество металла оси. В холодном состоянии нормальную ось в 120 *мм* безопасно для структуры металла можно выправлять прессом при давлении до 9 *атм*. После выправки ось надо проточить, а шейку шлифовать.

Для надевания бандажа на колесный центр бандаж, расточенный несколько меньше по диаметру, чем центр, подогревается. Способы подогрева бандажей существуют разные: на дровяном костре, на угольной горке, на нефтяной печи, на газовой печи, на трансформаторе.

Нагревание на дровяном костре производится на открытом воздухе и является самым простым способом, не дающим однако равномерного нагрева бандажа, а потому неудобным и не могущим быть рекомендованным.

Угольный горн для нагрева бандажей представлен на рис. 229. На колосники насыпается кокс или уголь и на него кладется

бандаж. Дутье производится от вентилятора через круглую трубу, проложенную под колосниками и имеющую отверстие для равномерного выхода воздуха. Когда бандаж нагрет, его снимают с печи и надевают на колесный центр.

Газы отводятся вниз. Это же горно служит и для снятия бандажей с полускатов. Для этого колесная пара устанавливается вертикально и уголь кладется снаружи бандажа. Сверху горно прикрывается съемным раздвижным на две половинки кожухом.

В нефтяной печи бандаж обогревается при помощи нескольких нефтяных форсунок, расположенных по окружности. Газовая печь почти не отличается от нефтяной. Вместо подачи нефти и воздуха в форсунки в газовой печи прокладывается кольцевая труба с отверстиями вовнутрь диаметром 0,5 *мм* на расстоянии 30—40 *мм* друг от друга, через которые подается газ. Горящий газ более равномерно нагревает бандаж, чем вышеописанная угольная и нефтяная печи. Нагрев происходит во всех печах около 30—50 минут. Расход нефти на 1 бандаж 8—10 *кг*, расход газа на 1 бандаж 2 $м^3$. Газовая печь также может служить для снятия бандажей с колес.

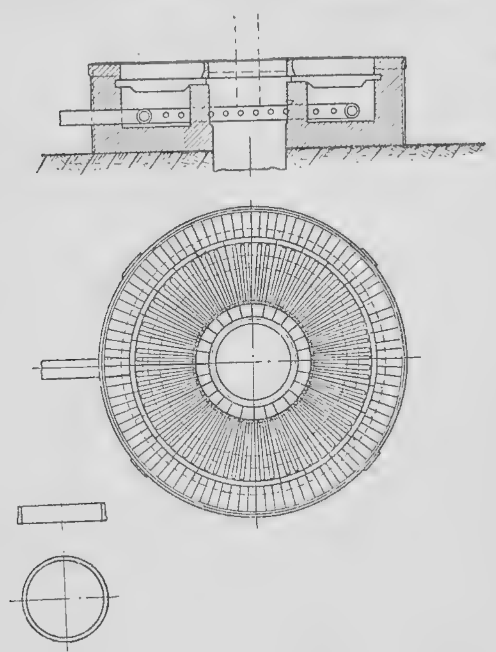


Рис. 229. Угольный горн для нагрева бандажей.

На рис. 230 представлена установка для надевания бандажей в мастерских Парижского общества коммунального транспорта. Она состоит из газовой печи, подставки для колесных пар и двух поворотных кранов на одной колонке, из которых один несет на себе кожух для прикрытия печи, а другой — специальный рычаг для захвата бандажей и насадки их на горизонтально установленную колесную пару.

Однако, все описанные способы нагрева бандажей сопряжены с неизбежным выделением газа с копотью и с образованием в большей или меньшей степени окалины на бандаже, что может послужить причиной непрочной насадки бандажа на центр и ослабления его в работе.

Печи эти невозможно из-за выделения дыма и газа устанавливать в цехе, где производится работа на других станках и механизмах, и такие печи нужно устанавливать или в особом помещении

возле цеха, или в кузнечном цехе. Это сопряжено с излишней транспортировкой колесных пар и бандажей.

Наиболее технически совершенный и гигиеничный способ нагрева бандажей — это нагрев на трансформаторе.

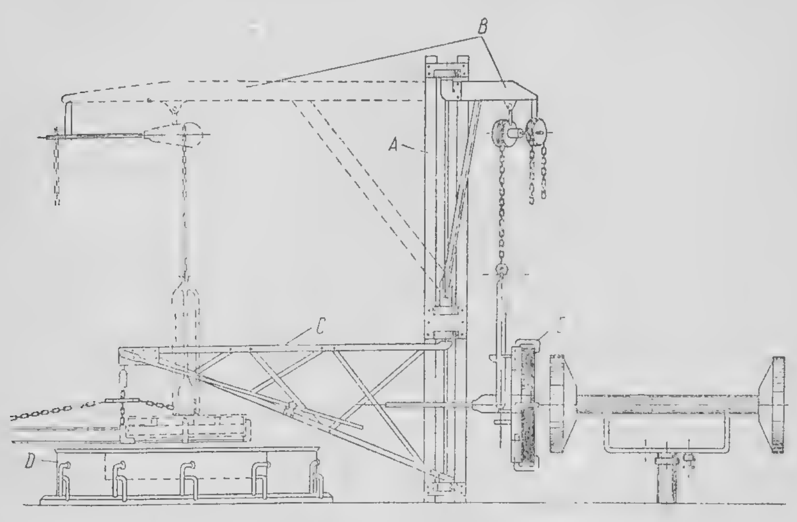
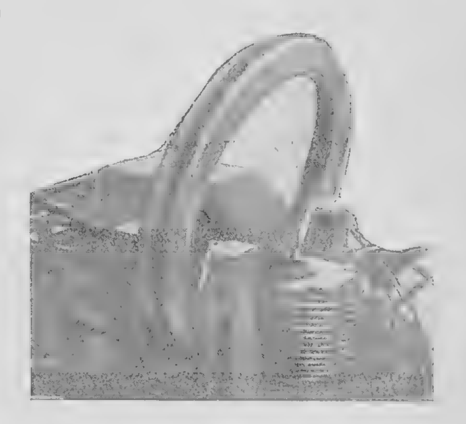


Рис. 230. Установка для надевания бандажей.

На рис. 231 представлен трансформатор для нагрева бандажей. Верхняя часть ярма сдвигается и в надвинутом положении замыкает собой ярмо. На нижней части ярма намотана первичная обмотка в виде трубки с протекающей по ней для охлаждения водой. Бандаж кладется, как указано на рисунке, и представляет собой вторичную замкнутую обмотку однофазного трансформатора. При пропуске переменного тока в первичной обмотке в бандаже возникают токи Фуко, нагревающие его. Время нагрева бандажа весом в 170—180 *кг* на трансформаторе около 20—25 минут. Расход энергии 20—26 *ква* при $\cos = 0{,}5$.


Рис. 231. Трансформатор для нагрева бандажей.

Трансформатор включается в одну фазу трехфазной сети 220 *в*, 50 периодов в секунду. Температура нагрева 350—400° С.

Нагрев бандажа происходит совершенно равномерно, без образования окалины, без копоти и дыма, может производиться в любом помещении без специальных вытяжек, вентиляции и пр.

Экономические соображения, т. е. стоимость нагрева бандажа различными способами — нефтью, углем, газом и электричеством, зависит от местных условий, от стоимости энергии, нефти, газа. В каждом отдельном случае необходимо проводить предварительно подсчеты экономичности.

Электрический нагреватель не применяется для снятия бандажей. Нагрев бандажа для прочной его посадки требует температуры 400—425° С. При диаметре бандажа по окружности катания в 750 *мм* диаметр внутренней расточки бандажа делается на 1,25 *мм* меньше диаметра колесного центра. При меньших диаметрах бандажей припуск на натяг делается в 1 *мм*.

Бандажи сменяются при обработке их до толщины в 35 *мм* для моторных и 25 *мм* для прицепных вагонов. Предельная высота реборды считается 10 *мм* для моторных и 8 *мм* для прицепных вагонов. При этом уже требуется или сменить бандаж, или проточить его, или наварить реборду электросваркой. Допуски при проточке колесных пар следующие: +0,5 *мм* и —1,5 *мм* против шаблона.

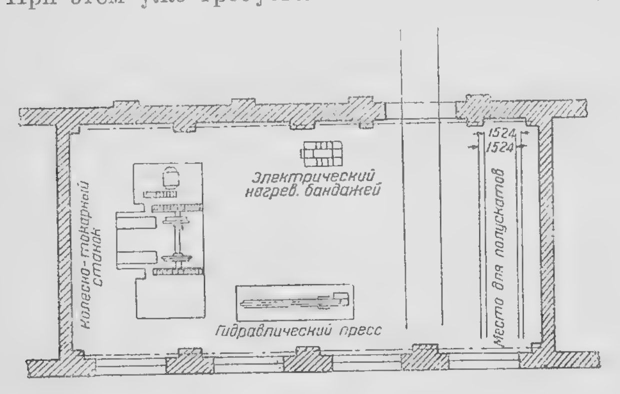


Рис. 232. Оборудование колесно-токарного цеха.

Колесные пары требуют проточки также при образовании «лыски» на бандаже благодаря движению вагона с некрутящимися колесами (юзом). Иногда применяется способ уничтожения «лыски» без проточки бандажей: на вагон устанавливаются специальные карборундовые колодки, которые во время обычной работы вагона при торможении стачивают бандаж и уничтожают «лыску». На одном вагоне диаметры бандажей разных колесных пар должны отличаться друг от друга не более, как на 5 *мм*. Диаметры бандажей одной пары не должны отличаться друг от друга более, чем на 1 *мм*.

На рис. 232 изображен колесно-токарный цех, обслуживаемый мостовым подъемным краном грузоподъемностью 1,5 *т*. Этот кран служит для установки колесных пар, бандажей и колесных центров на колесно-токарный и другие станки, для установки на пресс и для обслуживания нагревателя бандажей.

В цех проложен рельсовый путь, по которому колесные пары закатываются и выкатываются из цеха. У одной из стен цеха уложен сдвоенный рельсовый путь для установки готовых запасных и ожидающих ремонта колесных пар.

Оборудование цеха состоит из следующих основных станков и механизмов:

1. Колесно-токарный станок с высотой центров 600 *мм*, расстоянием между центрами 2505 *мм*. Размеры площади, занимаемой станком, 6700 × 3700 *мм*. Станок снабжен отдельным электромотором в 30 *л. с.* с зубчатой передачей.

2. Пресс гидравлический, горизонтальный до 200 *атм* давления, снабженный отдельным электромотором в 10 *л. с.*

3. Электрический нагреватель бандажей.

4. Ножевка для разрезки бандажей.

5. Приспособление для шлифовки шеек осей.

17. Подсобные помещения вагоно-ремонтных мастерских

При вагоно-ремонтных мастерских, естественно, должны быть вспомогательные обслуживающие помещения: кладовая материалов и запасных частей, контора мастерских, гардеробная, душ, раздевальная, уборные.

Цеховые конторы из-за небольшого количества персонала, находящегося в них (мастера, табельщики, счетно-конторские работники), занимают небольшое помещение. Обычно цеховые конторы помещаются в самом цехе и отгораживаются от производственных помещений перегородкой или просто барьером. Необходимая площадь для цеховой конторы определяется по количеству находящихся в ней людей и по нормам строительного проектирования.

Контора управления мастерских предполагается в отдельном от мастерских особом здании, где также могут быть расположены столовая мастерских, красный уголок, медпункт и проч.

Площади гардеробной и других помещений определяются в соответствии со штатом мастерских и нормами строительного проектирования.

Кладовая мастерских должна быть рассчитана на запасы материалов и запасных частей в зависимости от условий снабжения предприятия материалами. Перегружать кладовую излишним запасом материала и запасных частей из-за затоваривания их (долгого бесполезного лежания на складе) не следует. Для хранения больших запасов материалов и запасных частей служит главный материальный склад предприятия. Кладовые располагаются так, чтобы подвозка материалов возможна была снаружи здания, а выдача материалов — через внутренние двери. Для увеличения площади кладовой можно сделать на высоте 2,5 *м* балкон по стенам кладовой для хранения мелких легких материалов и деталей. Для хранения огнеопасных веществ — керосина, бензина, ацетилена и пр. можно оборудовать подвальное помещение под кладовой и конторой со входом из кладовой и снаружи, с бетонными камерами для хранения отдельных видов горючего в небольших количествах.

Хранение огнеопасных веществ в большом объеме, в объеме нужд предприятия с учетом запаса, должно производиться в специальном хранилище, находящемся от ближайшего строения не менее как на 20 *м*.

Отопление здания мастерских применяется центральное, водяное, паровое и воздушное.

18. Основные принципы проектирования искусственного освещения вагоно-ремонтных мастерских (по нормам ВТАБ)

Вагоно-ремонтные мастерские, в части норм проектирования электроосвещения, немногим отличаются по характеру производства от фабрик и заводов. Нормы, утвержденные для отдельных рабочих помещений, фабрик и заводов, действительны и для вагоно-ремонтных мастерских. Некоторое исключение составляет вагоно-ремонтный цех, где происходит ремонт кузовов и тележек. При ремонте вагона при искусственном освещении надо создать достаточную освещенность всех поверхностей вагона как горизонтальных, так и вертикальных. В вагоно-ремонтном цехе поэтому должно быть осуществлено только достаточное общее освещение. Лампы в 150 и 300 ватт размещаются рядами между путями кузовной и тележечной. Укрепляются лампы на потолке на высоте 4,5 *м* от пола и на стенах на высоте 4 *м* от пола. В тележечной, где имеется мостовой кран, лампы должны быть подвешены выше моста крана, под фермами. Освещенность по норме должна быть около 30 люкс. При составлении рабочего проекта электроосвещения отдельных цехов мастерских должна быть сделана проверка освещенности в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на уровне рабочей поверхности, с учетом специфических особенностей каждого рабочего места.

Можно указать следующие рекомендуемые освещенности для отдельных рабочих помещений:

Кузовное и тележечное отделения	30	люкс	общ.	свет	и	мест.	свет
Моторное отделение	60	»	»	»	»	»	»
Механический цех	60	»	»	»	»	»	»
Арматурно-слесарный цех	60	»	»	»	»	»	»
Полускатный цех	60	»	»	»	»	»	»
Инструментальная	80	»	»	»	»	»	»
Электрический цех	60	»	»	»	»	»	»
Малярный цех	30	»	»	»			
Деревообделочный цех	45	»	»	»			
Кузнечный и рессорный цехи	30	»	»	»			
Клепальный цех	30	»	»	»			
Литейный цех	30	»	»	»			
Электросварочный цех	60	»	»	»			
Компрессорная	30	»	»	»			
Контора	50	»	»	»	и	мест.	свет
Кладовая	20	»	»	»			
Гардероб и раздевальни	25	»	»	»			
Коридор	10	»	»	»			
Уборные	50	»	»	»			
Душевые	50	»	»	»			
Очистка песком	30	»	»	»			
Камера для букс	80	»	»	»	и	мест.	свет
Моечное помещение	30	»	»	свет			

Во всех цехах, где устраивается только общее освещение, лампы подвешиваются к потолку с учетом особенностей цеха: наличие кранов, вытяжных труб, ремней и пр.

Местное освещение осуществляется установкой отдельных ламп непосредственно у рабочего места. При наличии общего и местного

освещения в цехе, освещенность от источников общего освещения должна:

1) равняться на рабочих поверхностях не менее 25% от наименьшей освещенности последних, получающейся от совокупного действия общего и местного освещения, и

2) составлять на уровне 1 *м* от пола (в горизонтальной плоскости) на площади не менее 1 *м* вправо и влево от рабочего места и не менее 2 *м* впереди него, не ниже 25% норм освещенности, принятых для данного цеха, но не менее 10 люкс.

Освещение помещения только одними местными источниками освещения не рекомендуется.

Ниже приводятся общепринятые типы арматуры для освещения:

1) для общего освещения — тип «Универсаль» с затенителем, или без него, в зависимости от условий подвески (рис. 233);

2) для местного освещения пригодна арматура «Альфа» с колпаком из эмалированного железа или алюминия (рис. 234);

3) для моечной, душевых и других сырых мест — герметическая арматура;

4) для освещения конторы, коридоров, раздевален, гардеробов — тип «Люцета».

Рис. 233. Арматура «Универсаль».

Типы крепления ламп местного освещения могут быть самые разнообразные, в зависимости от местных условий.

При расчете освещенности вагоно-ремонтных мастерских применяется метод коэфициента утилизации с проверкой освещенности отдельных рабочих поверхностей точечным методом. Метод утилизации дает большую возможность, пользуясь эмпирическими таблицами, учесть отражательную способность стен и отражающих предметов.

Для помещений мастерских коэфициент понижения оценки на загрязнение принимается в 1,25 для чистых цехов и 1,5 для цехов, где выделяются пыль, копоть, дым и проч.

Понижение освещенности из-за загрязнения иногда уменьшает светоотдачу в 2,5—3 раза. Поэтому следует регулярно производить очистку осветительных приборов от пыли и копоти. В цехах, оборудованных канавами (кузовной и тележечный), кроме общего освещения еще устраивается и местное освещение канав изнутри. Для этой цели на стенах канав (обычно в шахматном порядке) помещаются световые точки, снабженные герметической (в сетках) армату-

рой с отражателем. Иногда осветительную арматуру помещают на специальных, гибких, поворотных кронштейнах. Освещение канав производят и другим способом: в стенах канав вырубают нишу, куда под стекло помещают герметическую арматуру. Ниша имеет скошенные стенки для лучшего разбрасывания световых лучей. Кроме того, для лучшего освещения подвагонной части вагона сама арматура устанавливается таким образом, чтобы световой поток был направлен на пол вагона снизу, т. е. арматура устанавливается под углом к вертикали.

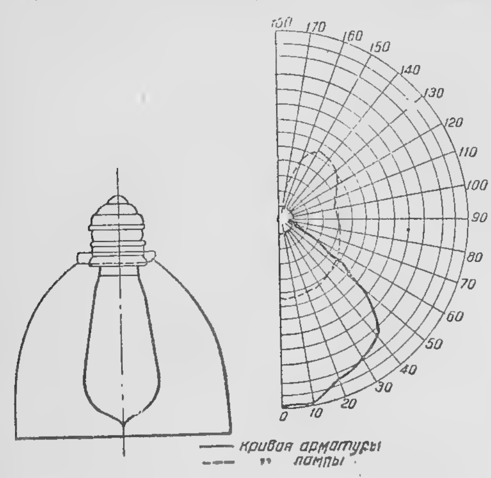


Рис. 234. Арматура «Альфа».

Такой тип освещения канав и вагона снизу представляется наиболее рациональным, так как позволяет получить заливающий поток лучей в определенном направлении. Кроме того, арматура, защищенная нишей и стеклом (не выступает за внутренние габариты канавы), оказывается наиболее долговечной.

Для непосредственного освещения затененных рабочих мест в кузовном и тележечном отделениях (внутри или под вагоном) пользуются переносными лампами. Последнее осуществляется в целях безопасности электрическим током низкого напряжения в 12 *в*.

19. Штат вагоно-ремонтных мастерских

Потребный штат производственной рабочей силы большинства цехов вагоно-ремонтных мастерских определяется из сводной таблицы (см. «Техническое обоснование оборудования цехов»), где для изготовления или ремонта каждой детали в цехе указан разряд работы. Таким образом, можно, составив сводную таблицу изготовления деталей вагонов, определить количество рабочих часов данной профессии и разряда, а следовательно и потребное количество рабочих по каждому цеху в отдельности.

В некоторых цехах — вагоно-сборочный цех, малярный и др., где не производится изготовление и ремонт деталей на станках, количество и разряд потребных рабочих определяется на основании сроков простоя вагона в ремонте и опытных данных о потребном составе бригады для сборки, разборки и ремонта кузова или тележки, окраски вагона и т. п.

Младший обслуживающий персонал определяется ориентировочными соображениями о его потребности и опытными данными.

При установлении штата административно-технического и счетно-конторского персонала следует учитывать, с одной стороны, необходимость технического административного руководства мастерской и ее цехами, бесперебойность наблюдений за ходом технологических процессов по ремонту вагонов и, с другой стороны, необходимость экономии накладных расходов.

Ниже приводится ориентировочный штат для вагоно-ремонтных мастерских среднего трамвая, обслуживающих инвентарь вагонов в 100 моторных и 70 прицепных вагонов.

I. Производственные рабочие

Механический цех

1. Токари	6 разр.	3 чел.
2. »	5 »	3 »
3. »	4 »	1 »
4. Фрезеровщики	6 »	1 »
5. Строгальщики	5 »	1 »
6. Сверловщики	4 »	1 »
7. Слесаря	4 »	1 »
Итого	—	11 чел.

Арматурно-слесарный цех

1. Слесаря	4 разр.	5 чел.
2. »	5 »	3 »
Итого	—	8 чел.

Кузнечный цех

1. Кузнецы	4 разр.	2 чел.
2. »	5 »	2 »
3. Молотобойцы	4 »	4 »
Итого	—	8 чел.

Клепальный цех

1. Котельщики	6 разр.	1 чел.
2. »	5 »	1 »
3. »	4 »	2 »
Итого	—	4 чел.

Колесно-токарный цех

1. Токари	5 разр.	1 чел.
2. Слесаря	5 »	1 »
3. »	4 »	1 »
Итого	—	3 чел.

Рессорный цех

1. Рессорщики	6 разр.	1 чел.
2. »	5 »	1 »
3. »	4 »	1 »
Итого	—	3 чел.

Литейный цех

1. Литейщики	5 разр.	1 чел.
2. »	3 »	1 »
Итого	—	2 чел.

Электросварочный цех

Электросварщики	5 разр.	2 чел.
Итого	—	2 чел.

Электрический цех

1. Намотчики якорей	6 разр.	1 чел.
2. » »	5 »	1 »
3. » катушек	4 »	1 »
4. » секций	5 »	1 »
5. Изолировщики секций и провода	4 »	2 »
6. Слесаря по коллекторам	5 »	1 »
7. Слесаря-контроллерщики	5 »	2 »
8. Слесаря-электр.	6 »	3 »
9. » »	5 »	2 »
10. Электромонтеры по освещению	5 »	1 »
11. Испыт. станция	7 »	1 »
Итого	—	16 чел.

Инструментальная

1. Слесаря	6 разр.	1 чел.
2. »	4 »	2 »
Итого	—	3 чел.

Малярный цех

1. Маляры	6 разр.	2 чел.
2. »	5 »	2 »
3. »	4 »	2 »
Итого	—	6 чел.

Столярный цех

1. Столяры	6 разр.	3 чел.
2. »	5 »	3 »
3. »	4 »	2 »
4. Токари по дереву	5 »	1 »
Итого	—	9 чел.

Вагоносборочный цех

а) Кузовная и тележечная

1.	Слесаря по механическому оборуд.	6 разр.	2 чел.
2.	» » » »	5 »	2 »
3.	» » » »	4 »	2 »
4.	» » пневматическому »	6 »	1 »
5.	» » » »	5 »	2 »
6.	» » » »	4 »	1 »
7.	» » электрическому »	6 »	1 »
8.	» » » »	5 »	2 »
9.	» » » »	4 »	1 »

б) моторное отделение

1.	Слесаря-мотористы	5 разр.	1 чел.
2.	» »	4 »	1 »

в) Ремонт роликоподшипников и букс

1.	Слесаря	5 разр.	1 чел.
2.	»	4 »	1 »

Итого . . . . — 18 чел.

Компрессорная станция

Машинист . . . . 5 разр. 1 чел.

Всего производственных рабочих в мастерских . . . . . — 94 чел.

II. Обслуживающий персонал

Чернорабочие, уборщики, смазчики, шорники и проч., ориентировочно 20—25 чел.

III. Административно-технический персонал

1. Заведующий мастерскими (инженер) . . . . 1 чел.
2. Старший техник мастерских (пом. зав.) . . . . . . 1 »
3. Техник вагоно-сборочного цеха . . . . 1 »
4. » электрического » . . . . 1 »
5. » механического » . . . . 1 »
6. Мастер вагоно-сборочного цеха . . . . 1 »
7. Мастер механического, полускатного, слесарного и инструментального цехов . . . . 1 »
8. Мастер электрического цеха . . . . 1 »
9. Мастер кузнечного, клепального, рессорного, литейного и электросварочного цехов . . . . 1 »
10. Мастер столярного цеха . . . . 1 »
11. Нормировщики . . . . 2 »
12. ОТК . . . . 3 »
13. Стол заказов . . . . 1 »

Итого . . . . 16 чел.

IV. Счетно-конторский аппарат

1. Бухгалтер	1 чел.
2. Счетоводы	3 »
3. Калькуляторы	1 »
4. Конторщики и статистики	3 »
5. Кладовщики	1 »
6. Табельщики	1 »
Итого	10 чел.

Полный штат мастерских 140—145 чел.

При определении штата не учтены: бригада для ремонта станков и оборудования мастерских и персонал по охране, отоплению зданий, дворовому хозяйству и пр., так как эти виды обслуживания могут совмещаться с обслуживанием других частей и служб трамвайного предприятия.

В указанном выше штате мастерских не учтены отпуска, болезни и проч.

Работа предположена на прерывную производственную неделю в одну смену.

20. Ориентировочная смета на оборудование вагоно-ремонтных мастерских среднего трамвая

Ввиду отсутствия твердых расценок на различного вида станки и механизмы для вагоно-ремонтных мастерских трамвая, а также отсутствия установленных норм и расценок на монтажные работы по монтажу оборудования, в приводимой ориентировочной смете учтены средние цены из опытных данных применительно к приведенной выше номенклатуре.

Строительные работы по сооружению здания мастерских, включая отопление, водопровод и канализацию, можно оценить по 30 руб. куб. метр, что при ориентировочной кубатуре здания в 25 000 $м^3$ составит 75 тыс. руб.

21. Производственная смета мастерских

Производственная смета мастерских состоит из сметы доходов и расходов по ремонту вагонов и изготовлению запасных частей.

Для определения доходной части устанавливается, во-первых, ожидаемое количество ремонтов вагонов и категории этих ремонтов на определенный промежуток времени, а также количество потребных к изготовлению запасных частей и их номенклатура.

При правильно поставленном деле ремонта вагонов количество плановых ремонтов будет равномерно распределяться по частям года, и общее количество ремонтов будет, примерно, совпадать с теоретически выведенной цифрой на основании сроков пробега вагонов между отдельными категориями ремонтов (см. главу I).

Практически количество ремонтов вагонов и их категория на данный отрезок времени устанавливаются мастерским плановой частью

№	Наименование и характеристика	Количество
	А. Станки и механизмы	
	I. Механический цех	
1	Станок токарно-винторезный 155 × 750 .	3 шт.
2	» » » 180 × 1000 .	2 »
3	226 × 1500 .	1 »
4	» » » 250 × 3000 .	1 »
5	» универсально-фрезерный 900 × 300 × 400	1 »
6	Станок поперечно-строгальный $\Phi = 500$.	1 »
7	» долбежный $\Phi = 200$	1 »
8	» болторезный до $1^1/_2''$	1 »
9	» сверлильный до 90 *мм*	1 »
10	» сверлильный до 13 *мм*	1 »
11	» для мокрой точки $\varnothing = 400$ . . .	1 »
12	Песчаное точило	1 »
13	Монорельс с тельфером на 1,5 *т*	1 »
14	Одиночные приводы к станкам	12 »
	Итого по механическому цеху . .	95—100 тыс. руб.
	II. Арматурно-слесарный цех	
1	Верстаки слесарные с тисками	8 шт.
2	Ручные ножницы с дыропробивным прессом до $^1/_4''$	1 »
3	Ножевка приводная до 1,5″	1 »
4	Плита разметочная	1 »
5	Одиночные приводы к станкам	1 »
	Итого по армат.-слесарному цеху .	5—6 тыс. руб.
	III. Полускатный цех	
1	Станок колесно-токарный 600 × 2500 . .	1 шт.
2	Пресс гидравлический до 200 *атм* . . .	1 »
3	Электропечь для бандажей 220 *в*	1 »
4	Мостовой кран на 1,5 *т* с подкрановыми балками	1 »
5	Одиночные приводы к станкам и механизмам	3 »
	Итого по полускатному цеху . . .	50—55 тыс. руб.
	IV. Электросварочный цех	
1	Сварочные транспортеры СТ-2	2 шт.
2	Аппаратура к ним и щит	—
	Итого по электросварочному цеху .	4—5 тыс. руб.

№	Наименование и характеристика	Количество
	V. Рессорный цех	
1	Плита 1500 × 1000 *мм*	1 шт.
2	Станок для изгиба рессорных полос . .	1 »
3	Печь для закалки с ванной	1 »
4	Горно одноогневое	1 »
5	Пресс для испытания рессор	1 »
6	Станок сверлильный до 28 *мм* . .	1 »
7	Наковальня	1 »
8	Одиночные приводы к станкам	3 »
	Итого по рессорному цеху	25—30 тыс. руб.
	VI. Литейный цех	
1	Медно-плавильная печь с подъемными клещами	1 шт.
2	Печь для плавки баббита и алюминия .	1 »
3	Верстак	1 »
4	Воздуходувное устройство с приводом .	—
	Итого по литейному цеху	9—10 тыс. руб.
	VII. Компрессорное отделение	
1	Компрессор «Бородино» 7 *атм* 3,75 $м^3/сек$	1 шт.
2	Баки для сжатого воздуха	2 »
3	Воздухопровод по цехам 300 *м*	—
4	Одиночный привод к компрессору . . .	1 шт.
	Итого по компрессорному отдел. .	20—25 тыс. руб.
	VIII. Кузнечный цех	
1	Молот «Беше», вес падающей бабы 75 *кг* .	1 шт.
2	» » » » » 30 » .	1 »
3	Муфельная закалочная цепь	1 »
4	Горна одноогневые	4 »
5	Наковальни	4 »
6	Воздуходувное устройство	—
7	Одиночные приводы к механизмам . .	3 шт.
	Итого по кузнечному цеху	30—35 тыс. руб.
	IX. Клепальный цех	
1	Плита 2000 × 15000 *мм*	1 шт.
2	» 1500 × 1000 »	1 »
3	Ножницы с дыропробивн. прессом ∅ = 16 = 26 *мм*	1 »
		—
4	Листоправильный станок ∅ = 100; ∅ = 1500 »	1 шт.

№	Наименование и характеристика	Количество
5	Горно одноогневое	1 шт.
6	Станок сверлильный до 28 *мм*	1 »
7	Верстак с тисками	1 »
8	Электрический нагреватель заклепок . .	3 »
9	Приводы одиночные к станкам	3 »
	Итого по клепальному цеху . . .	20—25 тыс. руб.
	X. Деревообделочный цех	
1	Станок фрезерный 700 × 700	1 шт.
2	» продольно-сверлильный и долбежн. ∅ = 40; ∅ = 150	1 »
3	Станок универсально-выверочный и строгально-фуговочный, налевочный . . .	1 »
4	Станок строгальнорейсмусовый ∅ = 400 *мм*	2 »
5	» токарный по дереву 150 × 1000 »	1 »
6	Ленточная пила ∅ = 600 *мм*	1 »
7	Циркульная пила ∅ = 600 »	1 »
8	Станок для точки пил ∅ = 900 *мм* . .	1 »
9	Песчаное точило ∅ = 500 *мм*	1 »
10	Верстаки столярные	3 »
11	Приводы одиночные к станкам . . .	10 »
	Итого по деревообделочному цеху	60—65 тыс. руб.
	XI. Камера для роликоподшипников	
1	Стол для сушки подшипников	1 шт.
2	Верстак	1 »
3	Ванна	1 »
	Итого по камере роликоподшипник.	500—600 тыс. руб.
	XII. Электрический цех	
1	Станок для намотки катушек	1 шт.
2	» » » » и ремон. якорей	1 »
3	» » » секций	1 »
4	» » изолировки секций	1 »
5	» » » провода . . .	1 »
6	Пресс гидравлический вертикальный . .	1 »
7	Верстаки слесарные с тисками	6 »
8	Камера сушильная	1 »
9	Испытательная установка для а) испытания изоляции на пробой	—
	б) аппаратов под нагрузкой . .	
	в) якорей и катушек на короткое в витках, комплект	—
10	Пирамиды для хранения якорей	2 шт.
11	Ножницы ручные для резки	1 »

№	Наименование и характеристика	Количество
12	Ванны для лаков	2 шт.
13	Верстаки для ремонта контрольн. валов	2 »
14	Мостовой кран на 1 *т* с подкрановыми балками	1 »
15	Поворотный кран 0,5 *т*	1 »
16	Одиночные приводы к станкам и механизмам	5 »
	Итого по электрическому цеху . .	60—65 тыс. руб.
	XIII. Помещение для очистки песком	
1	Пескоструйный аппарат	1 шт.
2	Тали и балка	1 »
	Итого по помещ. по очистке песком	3—4 тыс. руб.
	XIV. Малярный цех	
1	Краскотерки	2 шт.
2	Верстаки	2 »
3	Приводы и моторы	2 »
	Итого по малярному цеху	3—4 тыс. руб.
	XV. Инструментальный цех	
1	Верстаки	2 шт.
2	Сверлильный станок	1 »
3	Наждачная точка	1 »
4	Песчаные точила	1 »
	Итого по инструментальному цеху	2—3 тыс. руб.
	XVI. Моторное отделение	
1	Стеллажи для ремонта моторов	2 шт.
2	Станок для выемки якорей из цельнокорпусных моторов	1 »
3	Верстаки	1 »
4	Установка для испытания моторов под нагрузкой	1 »
	Итого по моторному цеху	7—8 тыс. руб.

№	Наименование и характеристика	Количество
	XVII. Кузовное и тележечное отделения	
1	Домкраты Беккера	4 шт.
2	Электродомкрат стационарный	1 »
3	Кран мостовой на 3,5 *т* для тележечного отделения с балками	1 »
4	Электрокары (аккумулят. тележки) . . .	6 »
	Итого по кузов. и тележ. отдел. .	50—60 тыс. руб.
	XVIII. Моечное помещение	
1	Оборудование моечных приспособлений .	-
	Итого по моечному помещению . .	2—3 тыс. руб.
	Всего стоимость станков и механизмов	450—500 тыс. руб.

Наименование и характеристика	Количество
Удельный вес стоимости оборудования станками и механизмами отдельных цехов в общей стоимости всех станков и механизмов мастерских в % составляет:	
Механический цех	20
Арматурно-слесарный цех	1
Полускатный цех	11
Электросварочный цех	4
Рессорный »	6
Литейный »	2
Компрессорное отделение	5
Кузнечный цех	7
Клепальный цех	5
Деревообделочный цех	13
Отделение роликоподшипник	0,2
Электрический цех	13
Помещение очистки песком	0,8
Малярный цех	0,8
Инструментальный	0,6
Моторное отделение	1,6
Кузовное и тележечное отделения	12
Итого	100
Б. Транспорт до склада постройки — 5%	25 000 руб.
Итого по пп. А и Б	525 000 руб.

Наименование и характеристика	Количество
В. Транспорт от склада постройки до места установки 2% от пп. А и Б	10 500 руб.
Г. Накладные расходы на оборудование 1%	5 250 »
Д. Подготовительные работы 1,5% от пп. А и Б	7 875 »
Е. Вспомогательные приспособления 2% от пп. А и Б	10 500 »
Ж. Фундаменты под станки и машины 3% от пп. А и Б	15 750 »
З. Монтаж и мелкий материал 10% от пп. А и Б	52 500 »
И. Охрана работ и техническая безопасность 0,5% от. пп. А и Б	2 625 »
К. Адм.-хоз. расходы 4% от пп. А и Б	21 000 »
Итого по пп. А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К	651 000 руб.
Л. Налоги и сборы 1% от пп. А—К	6 510 »
М. Оптовые работы:	
1. Электросиловая сеть	20 000 »
2. Электроосвещение	30 000 »
3. Вентиляция цехов	30 000 »
4. Стружкоудалительная система деревообделочного цеха	15 000 »
Итого оптовых работ на	95 000 руб.
Полная стоимость оборудования мастерских	752 510 »
или кругло	750 000 »

службы подвижного состава трамвая, которая в свою очередь базируется при даче задания на ремонт вагонов и заготовку запасных частей на заявках парков.

На основании подлежащих производству номенклатур работ при отдельных категориях ремонта вагонов, норм расхода рабочей силы и материалов на отдельные детали ремонта вагонов, цен на рабочую силу и материалы определяется стоимость ремонта вагонов при различных категориях ремонта. Так же определяется стоимость изготовления запасных частей.

Эти стоимости ремонта вагона и изготовления запасных частей в округленном виде обычно вводятся в виде цен на ремонт вагонов и заготовку запасных частей в договоры мастерских с парками, заключаемые в порядке хозрасчетных взаимоотношений парков с мастерскими.

Имея задание на количество ремонта вагонов и заготовку запасных частей и цены на них, мастерские составляют доходную смету на год, квартал, месяц.

Если мастерские производят различные виды работ для парков и других служб трамвая помимо ремонта вагонов и изготовления запасных частей, то этот вид работ также учитывается при составлении сметы.

Так как практически в процессе эксплоатации вагонов и при ремонте их часто оказывается необходимым видоизменить намеченные категории ремонтов отдельных вагонов, увеличить один вид ремонта и уменьшить другой, то для определения в конце отчетного периода процента выполнения планового задания отдельные виды ремонтов различных типов вагонов расценивают в так называемых учетных единицах, принимая за единицу какой-либо вид ремонта определенного типа вагона и приводя к нему все виды ремонтов других типов вагонов.

При стандартном типе вагона моторного и прицепного пассажирского, принятого нами при расчетах, эти учетные единицы можно приблизительно выразить следующим образом, принимая за 1 учетную единицу годовой ремонт стандартного моторного вагона:

Капитальный ремонт моторного вагона	4
Плановый годовой ремонт моторного вагона	1
Плановый полугод. ремонт » »	0,5
Планово-предупред. » » »	0,08
Капитальный ремонт прицепного вагона	2
Плановый годовой ремонт прицепного вагона	0,5
Плановый полугод. » » »	0,2
Планово-предупредительный ремонт прицепного вагона .	0,03

Цифры эти являются, конечно, ориентировочными и подлежат изменению в зависимости от уточнения номенклатур работ, типа вагона и более точного определения в каждом отдельном случае трудоемкости каждого вида ремонта.

Смета расходов составляется по установленным статьям.

Итог расходов должен быть равен доходной части для безубыточности работы мастерских.

Если принять грубо ориентировочные данные средней цены на ремонт вагонов, исходя из существующих ставок на рабочую силу и цен на материалы в 1934 г., следующие:

Капитальный ремонт моторного вагона	8000 руб.
» » прицепного »	4000 »
Плановый годовой ремонт моторного вагона	2000 »
» » » прицепного »	800 »
Плановый полугодовой ремонт моторного вагона .	1000 »
» » » прицепного » .	400 »
Планово-предупредит. ремонт моторного » .	100 »
» » » прицепного » .	50 »

то при принятом нами количестве ремонтов вагонов для инвентаря в 100 моторных и 70 прицепных вагонов общая сумма затрат на плановый ремонт составит 622 000 руб. в год.

При коэфициенте использования:

Для моторных вагонов	в 85%
» прицепных »	в 92%

Количество вагонов в движении будет 150 единиц.

Вагоно-дней будет $150 \times 365 = 54\,750$ вагоно-дней.

Вагоно-часов при 18 часах работы в среднем в день будет 54 750 × × 18 = 985 500 вагоно-часов.

Вагоно-километров при коммерческой скорости 13 *км/час* будет 985 500 × 13 = 12 811 500 вагоно-километров.

Отсюда удельный расход на ремонт вагонов (плановый) получится:

На 1 вагон в движении	4146 руб.
» 1 вагоно-день	11 руб. 36 коп.
» 1 вагоно-час	63 коп.
» 1 вагоно-километр	4,8 коп.

Эти цифры могут служить для первоначальных грубых наметок о затратах на плановый ремонт вагонов при определенном количестве вагонов в движении.

22. Поступление вагонов на ремонт. Документация ремонта. Функции ОТК

Обычно вагоно-ремонтные мастерские являются хозрасчетным предприятием трамвая, входящим в состав службы подвижного состава управления трамвая. В некоторых случаях мастерские выделяются из системы службы подвижного состава в предприятие, подчиненное непосредственно управлению трамвайного треста.

Вне зависимости от структуры трамвайного управления или треста ремонт вагонов и подготовление запасных частей парком производится по заранее полученной от парков и утвержденной управлением трамвая заявке.

Подача вагонов на ремонт в мастерские производится по заранее согласованному графику, причем каждый поступающий в ремонт вагон имеет накладную от парка с указанием категории ремонта.

Поступающий на ремонт в мастерские вагон принимается представителем ОТК мастерских, фиксирующим по наружному осмотру состояние вагона, отсутствующие части, № вагона, какого парка вагон и т. д.

По составлении акта о приемке вагона на ремонт ОТК составляется подробная дефектная ведомость, фиксирующая необходимые отдельные операции по ремонту вагона, смену отдельных частей и пр. Дефектная ведомость составляется на вагон, когда он находится в поднятом состоянии, когда наиболее удобно обнаружить скрытые дефекты вагона.

Акт приемки вагона в ремонт и дефектная ведомость служат основой для выписывания нарядов в цехе на ремонт кузова, тележки, электрического оборудования и проч., причем все эти наряды в цехах выписываются столом заказов.

Мастер цеха, получив наряд на работу, выдает рабочему или бригаде наряд на сдельную работу, в котором перечисляется вся подлежащая выполнению работа.

Если при производстве работ в одном цехе потребуется работа на той же детали другого цеха (например при изготовлении рычагов кузнечным цехом требуется просверлить дыры в рычагах, что может сделать механический цех), то мастер одного цеха выдает наряд на работу другому цеху.

Все документы, относящиеся к данному заказу, концентрируются в основном цехе, выполняющем наряд стола заказов.

По выполнении ремонта вагона все наряды на ремонт данного вагона из отдельных цехов передаются в контору мастерских, для калькуляции стоимости ремонта вагона.

Приемка вагона парком производится по внешнему виду и путем пробного проезда на основе специально разрабатываемой инструкции и правил о приемке вагонов.

СПЕЦИФИКАЦИЯ — ремонтируемых / изготовленных **ДЕТАЛЕЙ . . . . (название изделия)**

Форма № 1.

№ по порядку	№ чертежей	Наименование деталей	% сменяемости	Колич. деталей на изделия			Материал			Габаритные размеры с припуском на обработку	Вес в *кг*			
											Детали		На изделие	
				Основных	Зап. к машин.	Итого	Наименование	Марка или качество	№ по ОСТ		Черн.	Чист.	Черн.	Чист.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

На годовую программу			Цеха изготовляющие											Примечание
Основных запасных частей														
Количество	Вес *т*													
	Черн.	Чист.												
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Форма № 2

Проектное задание

По . . . . цеху вагоно-ремонтных мастерских

1. Выпуск готовых изделий . . . .
из них для:

кузовного цеха . . . .
аппаратного цеха . . . .
моторного » . . . .
тележечного » . . . .
прочих цехов . . . .

в том числе по номенклатуре:

а) . . . .
б) . . . .
в) . . . .

2. Максимальный вес изделий . . . .
3. Производство (крупносерийное или мелкосерийное) . . . .
4. Расход станко-часов и человеко-часов на тонну изделия . . . .
5. Режим работы цеха . . . .

Фонд времени:

а) станочного оборудования . . . . .
б) рабочего » . . . . .

6. Сырье и полуфабрикаты . . . .
а) сталь . . . .

в том числе поковок из кузницы . . . . . . (чистого веса)
б) цветного металла . . . .
в) . . . . и т. д.

7. Главнейшее оборудование (расчет по програме выпуска, производительности и фонду рабочего времени)

Распределение станков по типам

Наименование	Колич.	Цена руб.	Стоимость руб.
1. Токарные станки			
2. Револьверные			
3. Автоматы токарные			
4. Болторезные			
5. Фрезерные			
6. Сверлильные многошпиндельные			
7. Гайко-нарезные			
8. Прочие			
Всего . . .			

8. Рабочая сила

Категории	Колич. чел.	Средний разряд	Основание расчета
1. Производственных рабочих			
2. Вспомогательных »			20% от производственных рабочих (Средние данные)
Итого. . .			
3. МОП			20% от рабочих (Средние данные)
4. ИТР			6% » » (Средние данные)
5. Счетно-конторских служащих			4% » » (Средние данные)
Итого. . .			
Всего. . .			

9. Площади

Наименование	Количество $м^2$	Основание расчета
1. Производственные помещения		
а) для станочных работ .		15 $м^2$ на 1 станок (в среднем)
б) для слесарных » .		по 10 $м^2$ на 1 вспомогательного рабочего (в среднем)
Итого. . .		
2. Вспомогательные помещения		20% от производственной площади
3. Бытовые помещения . . .		1,2 $м^2$ на 1 участника
Итого. . .		
Всего. . .		
10. Высота цеха		
11. Кубатура цеха		
а) производственных помещений		
б) конторско-бытовых помещений		
Всего. . .		
12. Цеховой транспорт . . .		

13. Энергетика

Наименование	Количество	Основание расчета	
		Показатели	Откуда взято
1. Установленная мощность			
а) Силовая . . . . . . *квт*		. . . на станок	Среднее значение
б) Осветительная . . . *квт*		. . на 1 $м^2$ площ.	
2. Годовой расход энергии			
а) Силовой . . . . *квт-ч*			
б) Осветительной . . *квт-ч*			
3. Годовой расход воды $м^3$.			
в том числе питьевой $м^3$.			
4. Годовой расход пара на отопление *т*		0,136 *т* на 1 $м^3$ здания	

14. Основной капитал

Наименование статей	Капиталовложения, руб.	Показатели	Примечание
1. Здания и сооружения . .			
2. Станковое оборудование .		по расчету	
3. Транспорт		»	
4. Энергетическое оборудование		»	
5. Прочее		»	
Итого. . .			
6. Инструмент		700 руб. на 1 станок и 120 руб. на 1 рабочего	По средним данным
7. Инвентарь		30 руб. на 1 рабочего и 100 руб. на 1 служащего	
Всего. . .			

15. Конфигурация цеха

Производственные помещения располагаются в одном пролете шириной . . . . *м* и длиной . . . . . . *м*.

Вспомогательные и бытовые помещения вынесены.

16. Показатели

Наименование	По проекту задания
1. Выпуск в *т* 1 $м^2$ площади	
2. » » » на производ. рабочего	
3. Основной капитал на 1 *т* выпуска	
4. » » » 1 производ. рабочего	

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Глава I. Путь

Глава II. Токоснабжение

Стр.

Глава III. Основные сведения из теории движения поезда

Глава IV. Подвижной состав

Глава V. Трамвайные парки

Глава VI. Вагоно-ремонтные мастерские

Цена 5 р. 40 к.